

**ERGOMETRISCHE VERLAUFSBEOBACHTUNGEN
AN KURPATIENTEN MIT FUNKTIONELLEN,
HYPER- UND HYPOTONEN
KREISLAUFREGULATIONSSTÖRUNGEN
IN BAD WIESSEE**

Günther Meyer-Busche

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551907_0040

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie und
Klimatologie der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Drexel

ERGOMETRISCHE VERLAUFSBEOBACHTUNGEN
AN KURPATIENTEN MIT FUNKTIONELLEN, HYPER- UND HYPOTONEN
KREISLAUFREGULATIONSSTÖRUNGEN
IN BAD WIESSEE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Günther Meyer-Busche

aus München

1975



Mit der Genehmigung des Fachbereiches Medizin
München

Berichterstatter: Dipl.Phys. K. Dirnagl

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Drexel

Dekan: Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 31. Juli 1975

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATUR UND PROBLEMSTELLUNG	2
III.	LITERATUR ZUR METHODIK UND PROBLEM DER METHODIK	6
	1. Verschiedene Belastungsverfahren in der Literatur	6
	2. Auswahlkriterien	7
	3. Ergometrischer Belastungstest zur Bestim- mung der Dauerleistungsfähigkeit	8
	a) die Standardmethode nach HOLLMANN	8
	b) der Leistungspulsindex LPI nach E.A. MÜLLER	10
	4. Versuch der Synthese der Methode von HOLL- MANN und E.A. MÜLLER in einem Untersuchungs- gang	12
IV.	METHODIK	13
	1. Untersuchungsgut	13
	2. Untersuchungsbedingungen	15
	3. Untersuchungsgeräte	15
	4. Ablauf der Untersuchung	17
V.	KRITIK DER METHODE	19

VI.	STATISTISCHE AUSWERTUNGSVERFAHREN UND ERGEBNISSE	21
1.	a) Berechnung der Ruhemittelwerte für Pulsfrequenz, systolischen Blutdruck und Blutdruckamplitude	21
	b) Ergebnisse	21
2.	Der Zusammenhang zwischen Ruhewert und seinen Folgewerten in der Belastung und seine Berechnung durch den Korrelations- koeffizienten	25
	a) Berechnung	29
	b) Ergebnisse	29
3.	a) Berechnung der Parameter Leistungs- pulsindex und PWC_{130} aus korrigier- ten Rohdaten	33
	b) Ergebnisse der Beziehungen der Para- meter aus den korrigierten Rohdaten	36
	α) Pulsfrequenz	36
	β) Parameter des systolischen Blut- drucks	40
	γ) Parameter der Blutdruckamplitude	44
4.	Weitere Bearbeitung der Rohdaten und Parameter	52
	a) Auswertungsverfahren	52
	b) Ergebnisse	53
VII.	DISKUSSION	60
1.	Vergleich der eigenen Ergebnisse über das Verhalten der Ruhewerte mit der Literatur	60
2.	Abhängigkeit des Folgewertes zum Ruhewert	62
3.	Beurteilung und Beurteilbarkeit der Lei- stungsfähigkeit durch die Parameter LPI, PWC_{130} und Achsenabschnitt	64

4. Vergleich eigener Ergebnisse für die Regressionsparameter mit der Literatur	69
a) Leistungspulsindex und PWC_{130}	69
α) Leistungspulsindex	70
β) PWC_{130}	70
b) Geschlechtsspezifische Unterschiede der Leistungsfähigkeit	72
5. Beziehung zwischen Ruhepulsfrequenzverhalten und Regressionsparametern	73
a) Ausgangswertbezug der Leistungsschwankungen	73
b) Schwankungen im Leistungsverlauf und ihre Beziehung zu den Ergebnissen der Ruhepulsfrequenz	75
6. Schlußbetrachtung	77
VIII. ZUSAMMENFASSUNG	79
IX. LITERATURVERZEICHNIS	81

I. EINLEITUNG

Herz- und Kreislauferkrankungen, insbesondere coronare Herzerkrankungen, funktionelle Herz- und Kreislauferkrankungen, essentielle Hypertonie und Arteriosklerose stellen ein schwerwiegendes Problem unserer Tage dar (DÖRING und LODDENKEMPER, 1962; MATZDORF in: HALHUBER und MILZ, 1972). Neben Diätetik und medikamentöser Langzeittherapie finden hier die Balneo- und Klimatotherapie, unterstützt durch aktivierende Maßnahmen, ein weites Indikationsgebiet als Basistherapie im Bereich der sekundären Prävention und Rehabilitation (HEYDEN, 1965; PFLANZ, 1971). Die Wirkungsmechanismen der Balneo- und Klimatotherapie auf das Herz- und Kreislaufsystem wurden bereits durch zahlreiche systematische naturwissenschaftliche Arbeiten untersucht und differenziert. Dabei standen besonders die Immediatwirkungen sowie reaktiv-periodische Veränderungen der vegetativen Regulation im Vordergrund. Die Anwendung von Leistungstests ist uns bisher nur bei Untersuchungen über den Einfluß aktivierender Maßnahmen auf die körperliche Leistungsfähigkeit bekannt. In der vorliegenden Arbeit soll deshalb an Patienten mit vorwiegend funktionellen Herz- und Kreislaufstörungen während einer vierwöchigen Badekur mit Jod-Schwefel- und CO₂-Jod-Schwefel-Bädern untersucht werden, ob ergometrische Untersuchungen gegenüber der einfachen Kreislaufuntersuchung in Ruhe zusätzlichen Einblick in das Verhalten des Kreislaufs und der Leistungsfähigkeit des Patienten während der Kur vermitteln können.

II. LITERATUR UND PROBLEMSTELLUNG

In den systematischen Untersuchungen zur Differenzierung der Wirkungsmechanismen der Balneo- und Klimatherapie auf das Herz- und Kreislaufverhalten wurden vorwiegend zwei Wege beschritten:

Zum einen richtete sich das Augenmerk besonders auf die Erforschung der speziellen Wirkungsgrundlagen einzelner Bäderformen, wobei die Analyse der unmittelbaren Wirkung und der Antwort des Organismus auf den Einzelreiz durch entsprechende Kreislaufumstellungen im Mittelpunkt stand. Durch diese Arbeiten wurden grundlegende Kenntnisse, z.B. über das Verhalten von Pulsfrequenz und arteriellem Blutdruck während und nach Kohlensäure-Bädern (DIRNAGL und KAMM, 1955; STEIN, 1962; WIESNER, 1951; WITZLEB, 1962), über den günstigen Einfluß von CO₂-Gasbädern auf den Hochdruck verschiedener Genese und auf periphere Durchblutungsstörungen (REICHEL und PALME, 1952) sowie von natürlichen CO₂-Bädern indifferenten Temperatur auf die essentielle Hypertonie (HENTSCHEL, 1961), gewonnen.

In vergleichenden Untersuchungen wurde darüber hinaus einerseits die Dynamik des Kreislaufes unter Einwirkung verschiedener Bäderformen beobachtet (BRÜGGEMANN und KROPP, 1968; HÄUSLER und SIEDEK, 1953; HENTSCHEL, 1962; HILLE, 1961; SCHULZ und AMELUNG, 1957), andererseits wurde eine Antwort auf die Frage gefunden, ob bei unterschiedlichen Applikationsformen unspezifisch wirksame Faktoren - hydrostatischer Druck, Auftrieb des Wassers, taktiler Reiz der aufsteigenden Gasbläschen - und ihre eventuellen Nachteile in der Beeinflussung des Herz-Kreislaufverhaltens weitgehend ausgeschlossen werden können (DIRNAGL und KAMM, 1955). Die Befunde dieser Untersuchungen der Immediatwirkungen gaben wertvolle Hinweise für die praktische Handhabung der Therapie, die

optimale Dosierung sowie für Indikations- und Kontra-indikationsstellung.

Auf dem zweiten Weg wurde der Kureffekt verschiedener Kurbehandlungen mit Hilfe von Kurverlaufsbeobachtungen eingehender untersucht. Hier seien die vergleichenden Untersuchungen von HITZENBERGER (1961) über das Verhalten des systolischen Blutdrucks bei Hypertonikern während einer Bad Haller Jodkur und einer Vergleichsgruppe in Bad Goisern mit der Darstellung des Kureffektes in Abhängigkeit von der Jahreszeit ebenso erwähnt, wie die von HENTSCHEL (1961) zur kurörtlichen Therapie von Blutdruckstörungen unter Anwendung von CO_2 -Sole-Thermalbädern und Kneipp'scher Hydrotherapie durchgeführten Untersuchungen. Arbeiten von BETZ et al. (1958) geben ebenfalls Aufschluß über den Kureffekt bei Hypertonikern unter diätischer, physikalischer und medikamentöser Therapie. Weiter wurde der Kurverlauf als Gesamtprozeß mit den ihm eigenen Gesetzmäßigkeiten betrachtet. Dabei gelang es, das dem Badearzt seit langem als Kurkrise bekannte Phänomen zu objektivieren. In diesem Zusammenhang sei besonders auf die Erforschung reaktiv-periodischer Vorgänge im Kurverlauf durch HILDEBRANDT (1968, 1972) und seinen Arbeitskreis hingewiesen: HILDEBRANDT und STEINKE (1962) untersuchten an Hand verschiedener Kreislauffunktionsgrößen die Kreislaufumstellung während einer vierwöchigen CO_2 -Badekur in Bad Orb an Patienten mit vorwiegend funktionellen Herz- und Kreislaufstörungen. Die Befindensschwankungen der Kurpatienten wurden von HILDEBRANDT und GEHLKEN (1961) mittels objektiver Prüfung der psychomotorischen Aktivität, der Reaktionszeit und der Merkfähigkeit untersucht. HENTSCHEL (1968) stellte das Verhalten der sogenannten Wiederkehrzeit des Pulses sowie der integralen Pulsfläche bei Hypertonikern während CO_2 -Sole-Thermalbäderekuren dar. Ferner wurden die Verschiebung der vegetativen Situation und ihre Bedeutung

für die regulatorische Leistung des Organismus an Hand der sogenannten Regelfläche der Pulsfrequenz- und Atemfrequenzregulation nach Arbeitsbelastung (HILDEBRANDT, 1959) sowie die Beeinflussung der Puls-Atem-Quotienten in Abhängigkeit der vegetativen Ausgangslage im Kur-längsschnitt beobachtet. Untersuchungen von DIRNAGL und DREXEL (1968), DIRNAGL (1965) und MEISSNER (1967) zeigen den Verlauf und Rhythmus einer vierwöchigen Kneipp-Kur in Bad Wörishofen. Die Befunde stützen sich hier auf die Befragung der Patienten nach ihrem subjektiven Befinden und auf die Darstellung des objektiven Zustandsbildes durch Messung verschiedener vegetativ gesteuerter Größen.

Zusammenfassend geben diese Untersuchungen einen wesentlichen Einblick in die Veränderung zahlreicher Meßgrößen in Ruhe und nach Belastung sowie über den Einfluß reaktiv-periodischer Veränderungen vegetativer Regulationen. Eine Aussage über die körperliche Leistungsfähigkeit, d.h. die Kreislaufregulation während Belastung und ihre Beeinflussung durch die balneologische Kurbehandlung kann hierdurch nicht gegeben werden (BLOHMKE, 1968; HOLLMANN, 1970). Hierzu bedarf es vielmehr der Bestimmung verschiedener Kreislaufgrößen, wie Pulsfrequenz und Blutdruck, während definierter Belastung im Arbeitsversuch (HOFMANN, 1972; HOLLMANN, 1970; KIRCHHOFF, 1963; KIRCHHOFF und BECKMANN, 1965; ROSKAMM, 1971).

Derartige Leistungstests wurden in den letzten Jahren vermehrt bei Kurverlaufs- und Kurerfolgsbeobachtungen angewandt. Eine Vielzahl der Arbeiten ist dabei vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung übender und trainierender Maßnahmen durch den vielfach beschriebenen günstigen Effekt auf das Herz- und Kreislaufsystem beim Gesunden (DREWS und FRITZE, 1966) und Kranken (KIRCHHOFF und BECKMANN, 1965; MELLEROWICZ, 1956; ROSKAMM et al.,

1966) zu sehen:

So wurde vorwiegend der Einfluß bewegungstherapeutischer Maßnahmen auf die körperliche Leistungsfähigkeit untersucht, z.B. bei normotonen Patienten und Versuchspersonen mit hypertoner Regulationsstörung (DREWS, 1968), bei chronisch Herzkranken (DREWS et al., 1970), an Infarktpatienten und Patienten mit erhöhtem Blutdruck während einer Kur in der Rehabilitationsklinik Höhenried (SCHÖPL-SEDLACZEK et al., in Vorbereitung) sowie in Kombination mit Kneipp'scher Hydrotherapie bei Patienten mit vorwiegend funktionellen Herz- und Kreislaufstörungen (BAIER, 1971). BRÜGGEMANN und KROPP (1968) sowie HILLE (1961) führten Belastungstests vor und nach der Einzelapplikation verschiedener Bäderformen durch; diese dienten aber nur der Erforschung der Immediatwirkung auf das Kreislaufverhalten unter Belastung. Der Differenzierung klimatischer Effekte dienten die Untersuchungen an Hochdruckkranken während einer kombinierten Klima-Terrainkur in 2000 m Höhe (HALHUBER et al., 1968) sowie die Untersuchungen von HILDEBRANDT et al. (1971) an Wintersportlern in 1200 m Höhe.

Fragestellung:

Die aus der Erforschung der Immediatwirkung verschiedener Bäderformen und aus den Verlaufsbeobachtungen gewonnenen Befunde zahlreicher Kreislaufgrößen in Ruhe sowie die Veränderungen des vegetativen Zustandsbildes im Kurverlauf lassen es sinnvoll erscheinen, ergometrische Verlaufsbeobachtungen während einer Bäderkur durchzuführen.

Hierdurch soll ein Urteil abgegeben werden, inwieweit und in welcher Weise über Veränderungen der Ruhewerte hinaus eine Veränderung der körperlichen Leistungsfähig-

keit im Kurverlauf eintritt. Das heißt, es soll erforscht werden, ob durch ergometrische Untersuchungen gegenüber den Untersuchungen in Ruhe ein zusätzlicher Einblick in das Geschehen während der Kur gewonnen werden kann.

III. LITERATUR ZUR METHODIK UND PROBLEM DER METHODIK

1. Verschiedene Belastungsverfahren in der Literatur

Im Rahmen prophylaktischer und epidemiologischer Untersuchungen sowie für die Rehabilitation gewann die Beurteilung der Leistungsfähigkeit zunehmende Bedeutung. Hierzu wurden von Seiten der Arbeitsmedizin wie auch von klinischer und physiologischer Seite zahlreiche Verfahren entwickelt (BLOHMKE, 1969; HOLLMANN, 1963; KIRCHHOFF, 1965; MELLEROWICZ, 1962; MÜLLER, 1950; RUTENFRANZ et al., 1964; RUTENFRANZ, 1967). Aus der Vielzahl der Untersuchungsmethoden haben sich zur Beurteilung der cardiopulmonalen Leistungsfähigkeit besonders die Fahrradergometrie-Tests hervorgetan. Sie besitzen den Tests wie Kniebeugen, Treppensteigen, aber auch der Laufbandergometrie gegenüber den Vorteil, daß die untersuchten Größen wie Pulsfrequenz und O_2 -Verbrauch wesentlich besser in Relation zu definierten Belastungen gebracht werden können, da es durch unterschiedliche Schrittlänge, Koordination der Bewegungen und durch den Einfluß des Körpergewichtes bei anderen Testverfahren zu erheblichen Wirkungsgradunterschieden kommt, die eine Belastung nicht genau dosierbar und nur unexakt reproduzierbar werden lassen (HOLLMANN, 1970; LEHMANN, 1961).

2. Auswahlkriterien

Für die Wahl der geeignetsten Testmethode aus den zahlreichen ergometrischen Verfahren galten für uns folgende Kriterien:

- 1) Das Testverfahren sollte für Reihenuntersuchungen gut verwendbar sein und eine große Anwendungsbreite für das erwartete Beobachtungsgut besitzen (BÜRGER, 1971).
- 2) Das Testverfahren sollte ohne Risiko und lästige Beanspruchung des Kurpatienten durchführbar sein.
- 3) Es sollte mit einem Minimum an zeitlichem, personellem und apparativem Aufwand durchführbar sein, dabei aber
- 4) eine bestmögliche Aussagekraft, Standardisierung, Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit besitzen.

Nach diesen Kriterien war abzuwägen, ob eine Testung der maximalen oder der Dauerleistungsfähigkeit durchgeführt werden sollte.

Die maximale Austestung erfordert die Belastung des Patienten bis zu seiner völligen Erschöpfung. Ein derartiges Verfahren mag für die Beurteilung der Fähigkeit zu sportlichen Höchstleistungen adäquat erscheinen, unter dem Gesichtspunkt der Prävention und Rehabilitation kann es aber nicht Sinn und Ziel kurörtlicher Therapie sein, die Höchstleistung des Patienten zu steigern. Vielmehr steht hier das Ziel im Vordergrund, den Patienten für den Bereich des Alltagslebens und der damit verbundenen Dauerbelastung leistungsfähiger zu machen. Darüber hinaus wird - abgesehen von dem nicht unerheblichen Risiko für den Patienten - gerade bei untrainierten und in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkten kranken Personen durch subjektives und motivbezogenes Verhalten die Beurteilung erschwert, ob es sich tatsächlich um

eine völlige Ausschöpfung der Leistungsreserven und damit um die "echte" maximale Leistung handelt.

3. Ergometrische Belastungstests zur Bestimmung der Dauerleistungsfähigkeit

Für die Beurteilung der Dauerleistungsfähigkeit bzw. der Dauerleistungsgrenze¹ boten sich zwei Testmethoden an, für die bereits Normwerte bei einzelnen Personengruppen (HOLLMANN, 1963; MÜLLER, 1950) sowie Berechnungen über ihre Zuverlässigkeit (BLOHMKE, 1969) vorliegen. Zudem lassen sie sich mit relativ geringem Aufwand durchführen. Es handelt sich dabei um die Bestimmung der Ausdauergrenze² nach HOLLMANN (1963) und der Dauerleistungsgrenze nach dem Leistungs-Puls-Index LPI nach E.A. MÜLLER (1950).

a) Die Standardmethode nach HOLLMANN (1963)

In dem Bestreben, die Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit kombiniert in einem Untersuchungsgang zu ermitteln, entwickelte HOLLMANN (1963) folgende Standard-Methode: Der Test wird mit 30 Watt begonnen, die Belastung wird im Abstand

-
- 1: HOLLMANN und E.A. MÜLLER differenzierten hierbei zwischen Puls- und Sauerstoff-Dauerleistungsgrenze, wobei erstere definiert ist als die körperliche Leistung, bei deren Durchführung über einen mehrstündigen Zeitraum die Pulsfrequenz ein steady-state erreicht, während sich die O_2 -Dauerleistungsgrenze als Belastungsgröße darstellt, unterhalb der bei leicht ansteigender Pulsfrequenz - schein-steady-state - die Sauerstoffschuld unabhängig von der Arbeitsdauer konstant bleibt. Es handelt sich dabei nach HOLLMANN (1963) um den "Punkt des optimalen Wirkungsgrades der Atmung", bei dem die größte O_2 -Aufnahme bei dem kleinsten Atemminutenvolumen getätigt wird.
 - 2: Die Ausdauergrenze (siehe auch unten) entspricht nach HOLLMANN der O_2 -Dauerleistungsgrenze. (Die Versuche wurden an Sportstudenten des 3. Lebensjahrzehnts durchgeführt).

von 3 Minuten um jeweils 40 Watt gesteigert. Bei dieser Belastungsform sind in der jeweils 3. Minute steady-state oder in höheren Belastungsstufen relative steady-state-Werte der Pulsfrequenz sowie eine annähernd maximale O_2 -Aufnahme zu erwarten. Bei diesem Vorgehen werden in einem Untersuchungsgang mehrere Meßgrößen obiger Art gewonnen. Die Pulsfrequenzwerte der jeweils 3. Belastungsminute werden in ein Koordinatensystem mit der zugehörigen Belastungsstufe bzw. Wattzahl (Abszisse) und der Pulsfrequenz (Ordinate) eingetragen und miteinander verbunden. Vom Schnittpunkt dieser Geraden mit der Pulsfrequenz 130 wird das Lot auf die Abszisse gefällt. Die Interpolation der Wattleistung ergibt den Wert, der bei einer Pulsfrequenz von 130/min geleistet worden wäre. Der ermittelte Wert soll der O_2 -Dauerleistungsgrenze entsprechen. Er liegt dabei deutlich über der Puls-Dauerleistungsgrenze nach E.A. MÜLLER (1950), die ein echtes steady-state bezüglich des Verhaltens der Pulsfrequenz darstellt. Da diese "Ausdauergränze" zudem etwa 50 % des maximalen Zuwachswertes der Pulsfrequenz entspricht, errechnen sich nach HOLL-MANN bei Zugrundelegung einer Ausgangsfrequenz von 60 - 65 Pulsen/min für die einzelnen Dezennien (infolge der geringeren maximalen Pulsfrequenz in höherem Alter) entsprechend niedrigere Werte für die Ausdauergränze:

Max. erreichbare Pulsfrequenzen:

41 - 50 jährige	182/min
51 - 60 "	170/min
61 - 70 "	162/min
71 - 80 "	145/min

Errechnete Ausdauergerade bei Erreichen von 50 %
der maximal möglichen Pulsfrequenzzuwachsrate:

5. Lebensjahrzehnt	123/min
6. "	118/min
7. "	111/min
8. "	103/min

Dennoch ist mit dieser Größe ein fester Bezugspunkt gegeben, der innerhalb eines nicht zu großen Altersspektrums inter- und intra-individuelle Vergleiche gut ermöglicht: Je höher das Dauerleistungsvermögen, desto höher ist auch die Belastungsintensität, die zu den für die einzelnen Dezzennien angegebenen Pulsfrequenzen führt.

b) Der Leistungspulsindex (LPI)

Ebenso wie bei HOLLMANN liegt auch der Bestimmung des Leistungspulsindex nach E.A. MÜLLER (1950) die - je nach Leistungsfähigkeit - unterschiedliche Steilheit des Pulsfrequenzanstieges bei zunehmender Leistung zugrunde. Der von E.A. MÜLLER gefundene strenge, lineare Anstieg des O_2 -Verbrauchs mit der Leistung einerseits und der Arbeitspulsfrequenz mit dem Sauerstoffverbrauch andererseits - bei innerhalb eines bestimmten Zeitraumes konstant steigender Belastung (s.u.) - gestatten es, die Respirationsversuche zu umgehen und nicht die Abhängigkeit der Arbeitspulsfrequenz vom O_2 -Verbrauch, sondern von der unmittelbar bekannten Leistung zu bestimmen. Dadurch ist der Leistungspulsindex charakterisiert als Regressionskoeffizient zwischen Pulsfrequenz und Leistung mit der Maßeinheit Pulsfrequenzanstieg / $1 \text{ mkg sec}^{-1} \hat{=} 10 \text{ Watt Leistungsanstieg}$. Die Pulsfrequenz wird hierbei in dem von E.A. MÜLLER angegebenen vereinfachten Verfahren (1950) minutlich während einer konstant ansteigenden Arbeitsbelastung

von 0 auf 10 mkg/sec in 10 Minuten bei einer Tretgeschwindigkeit zwischen 45 und 60 Pedalumdrehungen/min bestimmt. Ausgangspunkt der Regressionsgeraden ist der Meßwert der 1. Belastungsminute bzw. in einer Modifikation nach BLOHMKE et al. (1966) der Ruhepulswert nach 30-minütigem ruhigem Liegen.

Von RUTENFRANZ (1967) wurden der Leistungspulsindex mit der Physikal Working Capacity PWC¹ nach WAHLUND (1948) in Beziehung gesetzt: Demzufolge kann man die PWC 170 aus dem Regressionskoeffizienten b zwischen Leistung und Arbeitspuls errechnen, wenn eine Ausgangsleistung L_a und die dazugehörige Ausgangspulsfrequenz F_a bekannt sind.

Subtrahiert man nämlich von der Grenzfrequenz 170/min (oder einer anderen aus theoretischen oder praktischen Gründen gewählten Grenzfrequenz - z.B. 130/min -) die Ausgangspulsfrequenz F_a und bildet man aus dieser Differenz einen Quotienten mit dem Regressionskoeffizienten b, dann läßt sich aus

$$\frac{170 - F_a}{b} \quad \frac{(\text{Pulse/min})}{(\text{Pulse/mkp min}^{-1})}$$

errechnen, um wieviel die Leistung von der Ausgangsleistung L_a bis zum Erreichen der Grenzleistung L_{170/min} ansteigen konnte. Die Gesamtgleichung lautet entsprechend:

$$PWC_{170} = L_a + k \left(\frac{170 - F_a}{b} \right) \text{ mkp/min}$$

Hierin bedeutet k den Umrechnungsfaktor 60 für die Umwandlung von mkp/sec in mkp/min.

Nach RUTENFRANZ ergab sich für Vergleichsuntersuchungen eine hohe Übereinstimmung zwischen beiden Verfahren von r = 0,86. Setzt man an Stelle der Grenzfrequenz von 170 Pulsen/min den von HOLLMANN für die Ausdauergerade gefundenen Wert von 130/min, so lassen sich nach obigem

1: Das ist diejenige körperliche Leistungsfähigkeit, die bei kontinuierlich steigender Leistung (60 mkp/min) bei einer Pulsfrequenz von 170/min erbracht wird.

Verfahren in einem Untersuchungsgang aus objektiven Meßgrößen zwei Indizes zur Ermittlung des körperlichen Leistungsvermögens gewinnen.

4. Versuch der Synthese der Methode von HOLLMANN und E.A. MÜLLER in einem Untersuchungsgang

In dem von uns entwickelten Verfahren wurde nach einer Synthese der Methoden von HOLLMANN und E.A. MÜLLER gesucht:

Bei dem zu erwartenden Untersuchungsgut mit mehr oder weniger eingeschränkter Leistungsfähigkeit war nach der Standard-Methode von HOLLMANN mit einer Belastungssteigerung von 40 Watt/Stufe mit einer zu geringen Zahl von Meßwerten pro Untersuchungsgang zu rechnen. Andererseits schien es uns angebracht, auf einem höheren Belastungsniveau zu beginnen als E.A. MÜLLER, um eine Beeinflussung der Pulsfrequenz durch psychisch-emotionale Einflüsse oder infolge respiratorischer Arrhythmie (BLOHMKE, 1969; HOLLMANN, 1963) in der Anfangsphase so niedrig als möglich zu halten. Zudem waren bei der Wahl der Anfangsbelastung sowie der graduellen Steigerung die Fehlergrenzen des benützten Ergometers zu berücksichtigen. Unter diesen Gesichtspunkten sowie im Hinblick auf den vielfach beschriebenen Geschlechtsunterschied in der Leistungsfähigkeit (HOLLMANN, 1963; MÜLLER, 1964; NÖCKER und BÖHLAU, 1955) wählten wir als Ausgangsbelastung für Frauen 30, für Männer 50 Watt. Aus technischen Gründen - Durchführung der u.a. Meßreihen, exakte Einstellbarkeit des Ergometers - entschlossen wir uns zu einer Steigerungsrate von 20 Watt im Abstand von 2 Minuten: Bei diesem Vorgehen konnten wir mit relativen steady-state-Werten in der 2. Minute jeder Phase sowie mit einer nahezu maximalen Sauerstoffaufnahme rechnen (HOLLMANN, 1963), wodurch eine hochgradige Anpassung von Kreislauf und Atmung an die jeweilige Arbeits-

größe erreicht wird. Zudem ist bei dieser Anstiegsform ein Einfluß durch Ermüdung sowie ein Nachhinken der Pulsfrequenzzunahme hinter der Leistungssteigerung nahezu ausgeschlossen (E.A. MÜLLER, 1950).

Darüber hinaus erweiterten wir beide Methoden durch Messung der Blutdruckwerte in den einzelnen Stufen. Durch das Verhalten des systolischen Blutdrucks und der Blutdruckamplitude wollten wir über die körperliche Leistungsfähigkeit hinaus Aufschluß über gegebenenfalls vorliegende Regulationsstörungen erhalten. Zusätzlich sollte eine mögliche Gefährdung des Herz-Kreislaufsystems erkennbar gemacht werden, die in unserem Versuchsaufbau über die Pulsfrequenz- und Blutdruckmessung hinaus durch simultan registrierte Elektrokardiogramme objektiviert werden konnten.

IV. METHODIK

1. Untersuchungsgut

Die Auswahl der Patienten erfolgte durch die niedergelassenen Badeärzte des Kurortes unter besonderer Berücksichtigung von vegetativen Kreislaufregulationsstörungen, coronarer Herzerkrankung, Hypertonie, Hypotonie und Myocardinfarkt mit mindestens 1/2 Jahr zurückliegendem Ereignis. Organische Herzerkrankungen waren auszuschließen. Die Patienten sollten keine Bewegungseinschränkungen aufweisen und mindestens bis 70 Watt belastbar sein. Außerdem sollten sie vom Arzt über die Art und den Sinn der Untersuchung unterrichtet sein.

Die Patienten wurden während der etwa vierwöchigen Kur nach den Regeln eines modernen Kurplanes mit Jod-Schwefel-Bädern und CO₂-Jod-Schwefel-Bädern, entweder in der Kreislaufwanne oder im Besprühungsbad sowie mit Hauffe'schen Teilbädern, behandelt. Die Entscheidung über die Kuranwendung wurde dem jeweils behandelnden Badearzt überlassen. Das Patientengut umfaßt eine Gruppe von 32 Männern und 21 Frauen im Altersdurchschnitt von 54 bzw. 51 Jahren. Eine zweite Gruppe von 6 männlichen und 8 weiblichen Patienten (Durchschnittsalter 49 bzw. 44 Jahre) nahm zusätzlich zur üblichen Therapie zweimal wöchentlich an einer Morgenübung teil.

Diese fand morgens von 7.15 bis 8.00 Uhr im Freien unter Anleitung einer Sportlehrerin und im Beisein zweier Untersucher statt, mit folgendem Inhalt:

- Lockerungs-, Anspannungs- und Entspannungsgymnastik (5 Min.)
- Übungen mit dem Gymnastikball und dem Sprungseil (10 Min.)
- Bodenübungen (5Min.)
- dosiertes Lauftraining im ebenen Gelände mit zwischengeschalteter Atemschulung (10 Min.)
- leichtes Traben über eine Steigung von 3 % und etwa 100 Meter Länge. Anschließende Atemübung (5 Min.)
- Ballspiele (10 Min.)

Berücksichtigen wir die Angaben der Patienten und die von uns gewonnenen Kreislaufruhwerte, so setzt sich das Patientengut wie folgt zusammen:

- 11 Patienten mit Hypertonie
 - RRS > 160 mmHg RRD > 95 mmHg (HOLENSTEIN, 1956; LUDWIG, 1957) ; in 7 Fällen konnten die Angaben - wahrscheinlich infolge medikamentöser Therapie - nicht durch die Messung bestätigt werden.
- 14 Patienten mit Hypotonie
 - RRS bei Männern < 110 mmHg, bei Frauen < 100 mmHg; in 9 Fällen nicht objektivierbar.

- 6 Patienten mit pectanginösen Beschwerden, in 2 Fällen mit über 1 1/2 Jahre zurückliegendem Ereignis;
- bei der übrigen Gruppe der normotonen Patienten war das Beschwerdebild überwiegend gekennzeichnet durch periphere oder zentrale Durchblutungsstörungen sowie durch Schlaflosigkeit.

2. Untersuchungsbedingungen

Die Untersuchungen wurden jeweils von dem gleichen Untersucherteam in den frühen Nachmittagsstunden zwischen 14.00 und 16.30 Uhr in einem ruhigen hellen Raum vorgenommen. Die Raumtemperatur schwankte zwischen 18° und 20° C, die relative Luftfeuchtigkeit betrug maximal 60 % (MELLEROWICZ et al., 1961; MELLEROWICZ, 1962). Insgesamt wurden pro Patient im Kurverlauf drei Untersuchungen etwa am 5. Tag nach Eintreffen des Patienten im Kurort (DIRNAGL und DREXEL, 1968), dann im Abstand von jeweils 8 Tagen - vorgenommen. Nach Möglichkeit sollte an den Untersuchungstagen keine Bädertherapie erfolgen, so daß das letzte Bad in den meisten Fällen mindestens 24 Stunden zurücklag. Auf den negativen Einfluß von anstrengender körperlicher Betätigung, Kaffee- und Nikotingenuß einige Stunden vor dem Test wurde hingewiesen. Die letzte Mahlzeit sollte nicht zu umfangreich sein und wenigstens 2 Stunden zurückliegen.

3. Untersuchungsgeräte

Die Belastung wurde auf einem mechanisch gebremsten Fahrradergometer Fabrikat MONARK mit Umdrehungszahlanzeiger bei einer möglichst konstanten Pedalumdrehungszahl von 50/min (ECKERMANN und MILLHAHN, 1967; GROSSE-LORDEMAN und MÜLLER, 1937; MELLER-

OWICZ et al. 1961) durchgeführt. Für die elektrokardiographischen Aufzeichnungen und die unten beschriebene graphische Messung der Blutdruckwerte diente ein EKG-Dreifachschreiber vom Typ DK 55 der Firma Schwarzer.

Zur Gewinnung der Brustwandableitungen V_{4-6} , die nach zahlreichen Auffassungen (HOLMGREN et al., 1959; KALTENBACH und KLEPZIG, 1963; ROSENKRANZ und DREWS, 1964; ROSKAMM, 1971) Ischämie-Reaktionen am besten erkennen lassen, wurde das modifizierte Ableitungsschema nach ROSENKRANZ und DREWS (1964) verwendet. Als indifferenten Gegenelektroden wurden die Elektroden der Extremitätenableitungen und die Erdelektrode am Rücken des Patienten angebracht: I und Erde linker unterer Skapularand, III und II rechter unterer Skapularand. Alle Elektroden wurden mit einem etwa 10 cm breiten durchlöchernten Gummiband, das um den Brustkorb des Patienten gelegt und mit Steckknöpfen verschlossen wurde, befestigt. Die Extremitätenelektroden wurden nur zur Gewinnung der Wilson'schen Nullelektrode, nicht für die Registrierung der Extremitätenableitungen genommen (HOFMANN, 1970).

Auf diese Weise erhält man den unipolaren Ableitungen nach Wilson weitgehend vergleichbare Brustwandelektrokardiogramme (ROSENKRANZ und DREWS, 1964), die frei von Muskelverzitterungen sind und lediglich bei hohen Belastungsstufen durch starke Atemexkursionen des Brustkorbs asynchroner Schwankungen der Nulllinie aufweisen.

Die Blutdruckmessung erfolgte durch das auskultatorisch-instrumentelle Registrierungsverfahren nach BOUCKE-BRECHT mit dem halbautomatischen Blutdruckmeßgerät Infraton Tensiomat FIB 4.

Dabei werden die Korotkov-Geräusche mit einem Körperschallmikrophon abgeleitet, das mit einem Klebestreifen über der Arteria cubitalis befestigt wird. Die Blutdruckmanschette wird in üblicher Weise so um den Oberarm gelegt, daß das Mikrophon gerade vom unteren Rand der Manschette bedeckt wird. Die Manschette wird mit Hilfe einer eingebauten elektrischen Pumpe auf einen übersystolischen Druck aufgeblasen. Als Druckabfallgeschwindigkeit wurde von uns in Ruhe und in den unteren Belastungsstufen etwa 5 mmHg/sec, in den oberen Belastungsstufen 10 mmHg/sec gewählt, da sich der Meßprozeß bei großen Blutdruckamplituden

über einen zu langen Zeitraum erstrecken würde.

Bei der von uns benutzten graphischen Messung wird der Druckverlauf als Skala auf einem Kanal des DK 55 dargestellt. Die Korotkov-Geräusche werden über das Körperschallmikrophon einem Verstärker zugeleitet und auf einem zweiten Kanal des DK 55 als Oszillationen registriert.

Die Herzaktionen wurden während des gesamten Untersuchungsablaufes über die Ableitung V_4 mit einem Ein-kanal-Oszilloskop Typ Mela 70, die Pulsfrequenz mit dem EKG-gesteuerten Pulsfrequenz-Überwachungsgerät Erbe Puls 200 laufend verfolgt. Zur routinemäßigen Überprüfung der Lungenfunktion (ROSKAMM, 1971) wurden mit dem VITALOGRAPH folgende Größen gemessen:

- Vitalkapazität (VC)
- Atemstop 1. Sekunde (FEV 1,0)
- sog. Tiffeneau-Test (FEV 1,0 %)

Von den 14.00 Uhr-Werten der Wetterstation Rottach-Egern wurden die Werte für Außentemperatur in $1/10^{\circ}$ Celsius und für die relative Luftfeuchtigkeit übernommen.

4. Ablauf der Untersuchung

Nach einer 15-minütigen Ruhepause in einem separaten Raum nahmen die Patienten mit freiem Oberkörper auf dem Fahrradergometer Platz¹. Dabei wurde die Sitzhöhe individuell so eingestellt, daß bei ausgestrecktem Bein der auf den Pedalen aufliegende Fuß von der Tibiakante gemessen etwa einen Winkel von 90 - 120 Grad zum Unterschenkel bildete (MELLEROWICZ et al., 1961).

Während der Patient über eventuell subjektive Beschwerden oder inzwischen vorgenommene Medikationen befragt wurde, wurden das Körperschallmikrophon, die Blutdruckmanschette sowie die Ableitungselektroden des EKG in

1: Zum jeweils 1. Termin wurden vorher die Körpergröße, Körpergewicht gemessen und die Lungenfunktionsprobe durchgeführt.

o.a. Weise angelegt und angeschlossen. Nach einer Ruhepause von 2 Minuten wurde der Patient aufgefordert, im Leerlauf so schnell zu treten, bis auf dem Drehzahlmesser eine Umdrehungszahl von 50 U/min erreicht war und diese während des gesamten Untersuchungsablaufes einzuhalten. Daraufhin wurde einschleichend innerhalb 10 sec. die 1. Belastungsstufe eingestellt. Die Belastung erfolgte stufenförmig im zeitlichen Abstand von 2 Minuten bei den Frauen mit 30/50/70/90 Watt, bei den Männern mit 50/70/90/110 Watt. Nach Belastungsende wurde eine Erholungsphase von 3 Minuten auf dem Fahrrad sitzend eingehalten. Folgende Messungen wurden in den jeweils letzten 20 sec. einer Minute vorgenommen:

- 1. Ruheminute, jeweils 1. Minute einer Belastungsstufe sowie 2. Erholungsminute: Bei einem Papieranschub von 50 mm/sec EKG mit den Ableitungen $V_4 - V_6$; die Pulsfrequenz wurde an 3 Kammerkomplexen ausgezählt.
- 2. Ruheminute, jeweils 2. Belastungsminute und 3. Minute der Erholungsphase: Bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 10 mm/sec V_4 und Blutdruckregistrierung. Die Pulsfrequenz wurde an 5 Kammerkomplexen ausgezählt.

Die Meßwerte, die EKG-Veränderungen sowie subjektive Beschwerden während der Belastung wurden in einem Formblatt dokumentiert.

Als Abbruchskriterien dienten uns die folgenden, bereits im Merkblatt Höhenried 1971 (in HALHUBER und MILZ, 1971) zusammengefaßten Symptome:

- 1) Erschöpfung des Patienten
- 2) EKG-Veränderungen:
 - gehäufte oder salvenartige oder polytope Extrasystolen (z.B. Bigeminus)
 - Erregungsausbreitungs- oder Überleitungsstörungen

- unter Umständen horizontale oder descendierende ST-Senkungen über 0,2 mV.
- 3) Stenocardie
- 4) Dyscardie (nur bei stärkeren Beschwerden)
- 5) Dyspnoe (akut oder stark)
- 6) Kopfschmerz oder Schwindel
- 7) Blutdruck und Herzschlagfrequenzverhalten
 - Blutdruckanstieg systolisch über 250 mmHg oder diastolisch über 120 mmHg
 - mangelnder Anstieg der Herzfrequenz bei steigender Belastung
 - Blutdruckabfall über 20 % bei gleichbleibender Wattstufe oder mangelnder Druckanstieg bei steigender Belastung
- 8) Ermüdungsanstieg der Herzfrequenz
- 9) Beachtung der altersabhängigen Ausbelastungs-Herzfrequenz nach den Richtlinien des SCANDINAVIAN COMMITTEE ON ECG CLASSIFICATION (1967).

V. KRITIK DER METHODE

Bei der Bestimmung des Blutdrucks traten auch in unserer Untersuchungsreihe Schwierigkeiten bei der Auswertung der graphischen Registrierungen auf, wie sie bereits 1962 von MELLEROWICZ beschrieben werden. Diese finden sich ausschließlich bei der Bestimmung der diastolischen Blutdruckwerte, da besonders bei höheren Belastungsstufen die Größenänderung der vom Korotkov-Geräusch abgeleiteten Oszillationen nicht immer deutlich erfolgte und in vielen Fällen ein Plateau mit relativ hoher Amplitude bis zu Manschettendruckten gegen Null beobachtet wurde. Um zu einem einheitlichen Auswertungsschema zu gelangen, führten wir an mehreren Personen eine Kontroll-Versuchs-

reihe in Ruhe und Belastung durch. Dabei wurden mit dem DK 55 auf Kanal I die Druckmarken, auf Kanal II die einphasischen und auf Kanal III die biphasischen Oszillationen registriert. Simultan wurden die Blutdruckwerte auskultatorisch bestimmt. Aus den Ergebnissen entwickelten wir folgendes Auswertungsschema:

- 1) Eine Auswertung des systolischen und des diastolischen Wertes völlig unabhängig voneinander aufgrund des Aufhebens und plötzlichen Abbrechens der Oszillationen ist selten möglich; die Oszillationen im systolischen und diastolischen Bereich müssen abhängig voneinander ausgewertet werden.
- 2) Treten Restamplituden mit Plateau im diastolischen Bereich auf, ist für den systolischen Wert erst die Oszillation zu werten, die diesen Wert überschreitet; kleinere Oszillationen waren auskultatorisch nicht wahrnehmbar.
- 3) Als diastolischer Wert entspricht derjenige Punkt im Korotkov-Schrieb am besten dem Umschlagpunkt des Klangcharakters, dessen Oszillationen niedriger als die oben beschriebene systolisch ist.
- 4) In allen Fällen waren die biphasischen Oszillationen besser auswertbar.

Einzelne Patienten, deren Blutdruckwerte trotz dieses Schemas nicht einwandfrei bewertbar waren, wurden von den Auswertungen ausgenommen, um einen größeren methodischen Fehler zu vermeiden.

VI. STATISTISCHE AUSWERTUNGSVERFAHREN UND ERGEBNISSE

1. a) Berechnung der Ruhemittelwerte für Pulsfrequenz, systolischen Blutdruck und Blutdruckamplitude

In einem ersten Auswertungsschritt wurden die arithmetrischen Mittel der Ruhewerte jeder Meßgröße getrennt nach Geschlecht für die drei Meßtermine berechnet. Dabei kamen folgende Formeln zur Anwendung:

$$\text{Für den Mittelwert } \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} ,$$

für die mittlere Abweichung vom Durchschnittswert

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n}} ,$$

für den mittleren Fehler des Mittelwertes

$$\sigma_m = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} .$$

b) Ergebnisse

Für die Pulsfrequenz finden wir für die beiden Patientengruppen ohne Gymnastik keine bedeutsame Änderung des Ruhemittelwertes (vgl. Tab. 1) im Kurverlauf. Beide Geschlechter zeigen nahezu gleiche Ruhewerte. Sehr eindrucksvoll stellt sich die Verminderung der Variationsbreite, der Standardabweichungen sowie des mittleren Fehlers der Mittelwerte dar. Hierbei ist die Abnahme der Standardabweichung der Pulsfrequenzwerte bei den Frauen mit $\sigma_x = \pm 11,8 / 7,3 / 6,3$ wesentlich ausgeprägter als bei den Männern mit $\sigma_x = \pm 12,7 / 10,2 / 10,6$. Graphisch läßt sich dies aus den Häufigkeitsdiagrammen (Abb. 1, weiße Säulen) entnehmen.

Gruppe	Termin	Mittel $\bar{x}$	σ_x	σ_m	Max	Min	Var	n
Männer	I	79.0	12.7	2.24	105	58	47	
	II	79.1	10.2	1.81	104	64	40	32
	o.Gymn.	78.4	10.6	1.87	98	58	40	
Frauen	I	80.0	11.8	2.59	115	60	55	
	II	79.6	7.3	1.61	92	65	27	21
	o.Gymn.	78.1	6.3	1.38	88	66	22	
Männer	I	80.6	7.7	3.17	87	66	21	
	II	77.5	8.2	3.34	87	64	23	6
	m.Gymn.	83.8	11.9	4.87	100	70	30	
Frauen	I	81.1	16.8	5.97	112	62	50	
	II	77.1	6.6	2.34	92	70	22	8
	m.Gymn.	77.2	6.5	2.32	86	64	22	

Tab. 1: Mittelwerte, Standardabweichung σ_x , mittlerer Fehler des Mittelwertes σ_m , Maxima und Minima mit Variationsbreite der Pulsfrequenzruhowerte an 3 Terminen, getrennt nach Geschlechtern, mit und ohne Gymnastik.

Für die Patientengruppen mit zusätzlich zur Bädertherapie durchgeführten Bewegungsübungen ist die Aussagekraft der Daten angesichts der kleinen Besetzungszahlen zweifelhaft. Die simultanen starken Veränderungen von Mittelwert, Standardabweichung und der vergleichsweise großen mittleren Fehler der Mittelwerte weisen auf eine starke Beeinflussung durch Extremwerte hin (siehe Tab. 1). Unter Berücksichtigung dieses Umstandes ergeben sich für die Ruhemittelwerte nur unwesentliche Unterschiede zu den Gruppen ohne Gymnastik und ein sehr

Pulsfrequenz

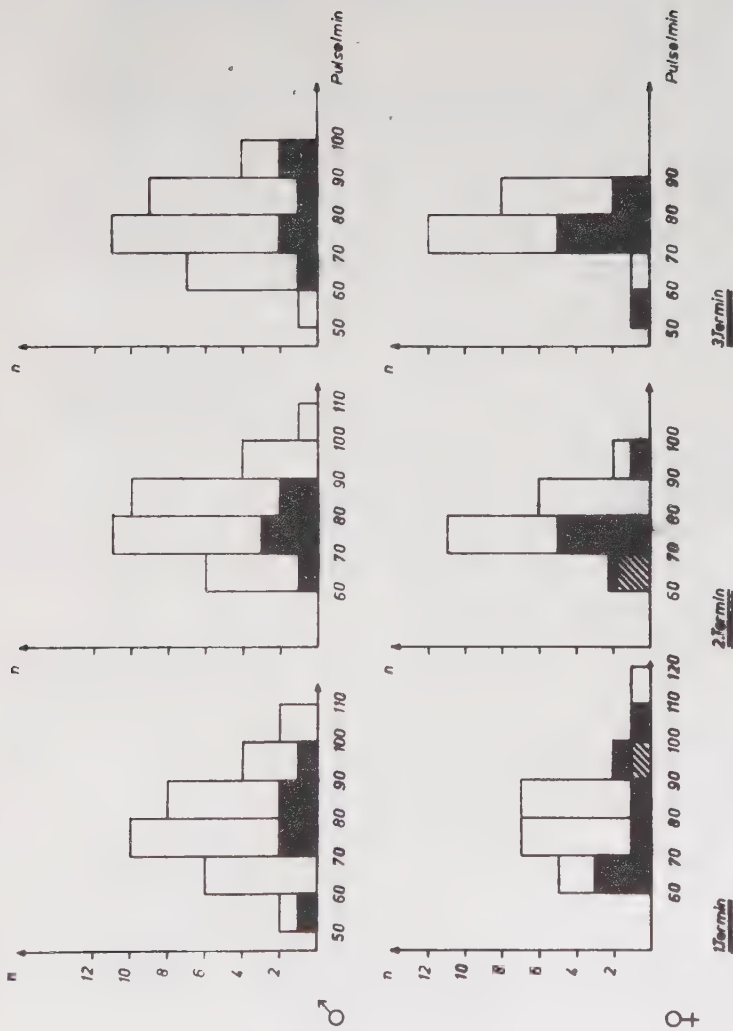


Abb. 1. Häufigkeitsdiagramm der Ruhepulswerte nach Geschlecht und Untersuchungs-terminen getrennt, ohne (weiße Säulen) und mit Gymnastik (schwarze Säulen).

ähnliches Bild hinsichtlich der Häufigkeitsverteilungen im Kurverlauf (vgl. Abb. 1, schwarze Säulen).

Für die Ruhemittelwerte des systolischen Blutdrucks zeigt sich bei den Männern eine unwesentliche Abnahme um 2,4 mmHg gegen Kurende. Bei den Frauen vollzieht sich eine signifikante Senkung um 13,7 mmHg im gesamten Kurverlauf - bei vom 1. zum 2. Termin gleichbleibender und vom 2. zum 3. Termin abnehmender Variationsbreite - in zwei Stufen mit einem größeren Anteil von 8 mmHg von der 2. zur 3. Untersuchung (vgl. Tab. 2).

Die Häufigkeitsverteilung weist bei den Männern bereits in der 1. Untersuchung ein glockenförmiges Verteilungsmuster mit einem rechts flach abfallenden Schenkel auf (Abb. 2, weiße Säulen). Über eine nahezu symmetrische Verteilung um den Mittelwert in der 2. Untersuchung kommt es am 3. Termin zu einer doppelgipfeligen Kurve mit den Maxima zwischen 110 - 120 und 130 - 140 mmHg. Die Werte im oberen Bereich nehmen zahlenmäßig geringfügig ab.

Bei den Frauen finden wir zum 1. Meßtermin eine fast gleichmäßige Verteilung der Häufigkeiten im Bereich von 90 bis 160 mmHg. Nach einer deutlichen Linksverschiebung, die bereits zum 2. Termin erkennbar wird, finden wir zum 3. Meßtermin eine doppelgipfelige symmetrische Verteilung um den Mittelwert.

Für die Werte des Personenkreises mit Gymnastik, deren Ergebnisse hier in Tabelle 2 sowie in Abbildung 2 mit dargestellt sind, gilt Entsprechendes wie bei der Pulsfrequenz. Durch einzelne Extreme werden die Mittelwerte aufgrund der geringen Besetzungszahlen zu sehr beeinflusst, um einen relevanten Vergleich mit den Ergebnissen der Versuchspersonen ohne Gymnastik zuzulassen.

Die Blutdruckamplituden-Mittelwerte geben im wesentlichen - aber nicht nur - durch das Verhalten des systolischen Blutdrucks bedingte Veränderungen wider (siehe Tab. 3).

Die geringfügigé Zunahme bei den Männern in der 2. Untersuchung bei unverändertem systolischen Blutdruck sowie der gleichbleibende Wert von 47 mmHg in der 1. und 3. Untersuchung trotz Abnahme des systolischen Wertes weist auf einen geringen Abfall des diastolischen Blutdrucks in der Größenordnung von etwa 2 mmHg hin. Bei konstanter Streuung verschieben sich die Häufigkeiten andeutungsweise in den Bereich von 40 - 20 mmHg (vgl. Abb. 3).

Bei den weiblichen Patienten bleibt hingegen die Abnahme der Amplitude hinter der des systolischen Blutdrucks zurück, besonders vom 1. zum 2. Termin. Zusammen sprechen die Ergebnisse für einen geringen Anstieg des diastolischen Blutdruckes im Kurverlauf um etwa 4 mmHg. Die Häufigkeit zeigt nach einer nahezu gleichförmigen Verteilung zum 1. Termin zwischen 20 und 70 mmHg Maxima im Bereich zwischen 30 und 50 mmHg zur 3. Untersuchung.

2. Der Zusammenhang zwischen Ruhewert und seinen Folgewerten in der Belastung und seine Berechnung durch den Korrelationskoeffizienten

Aufgrund des physiologischen Verhaltens der Kreislaufgrößen wie Pulsfrequenz, systolischem und diastolischem Blutdruck sowie der Blutdruckamplitude während eines Arbeitsversuches kann angenommen werden, daß die aufeinanderfolgenden Meßwerte einer Meßgröße sich nicht völlig unabhängig voneinander bewegen, sondern eine mehr oder weniger enge Beziehung zueinander aufweisen. Das heißt, daß ein bestimmter Wert

Gruppe	Termin	$\bar{x}$	σ_x	σ_m	Max	Min	Var	n
Männer	I	129.4	17.2	3.07	172	95	77	
	II	129.7	15.5	2.75	165	105	60	32
	III	127.0	15.0	2.66	159	98	61	
Frauen	I	129.8	21.3	4.65	160	96	64	
	II	124.1	20.2	4.42	170	95	75	21
	III	116.1	16.0	3.50	150	90	60	
m. Gymn.	I	126.1	21.8	8.92	150	92	58	
	II	116.5	22.1	9.04	145	93	52	6
	III	121.5	16.4	6.70	145	98	47	
Frauen	I	122.7	13.9	4.91	145	106	39	
	II	122.6	14.5	4.78	137	100	37	8
	III	116.7	21.0	7.43	145	97	48	

Tab. 2: Mittelwerte, Standardabweichung σ_x , mittlerer Fehler des Mittelwertes σ_m , Maxima und Minima mit Variationsbreite für den systolischen Blutdruck bzw. in

Tab. 3: entsprechend für die Blutdruckamplituden, getrennt nach Terminen, Geschlechtern sowie Gruppe mit und ohne Gymnastik (m./o. Gymn.).

Gruppe	Termin	$\bar{x}$	σ_x	σ_m	Max	Min	Var	n
Männer	I	47.4	13.5	2.39	81	24	57	
	II	50.1	13.9	2.46	80	25	55	32
	III	47.2	13.1	2.32	71	25	46	
Frauen	I	47.1	15.5	3.38	75	21	54	
	II	46.0	18.6	4.06	82	22	60	21
	III	38.3	15.3	3.34	84	18	66	
m. Gymn.	I	42.8	15.1	6.17	66	25	41	
	II	37.0	15.2	6.21	60	18	42	6
	III	35.6	12.7	5.20	47	18	29	
Frauen	I	43.5	10.2	3.61	55	29	26	
	II	40.1	13.1	4.65	71	30	41	8
	III	38.5	17.3	6.12	69	21	48	

systol. Blutdruck

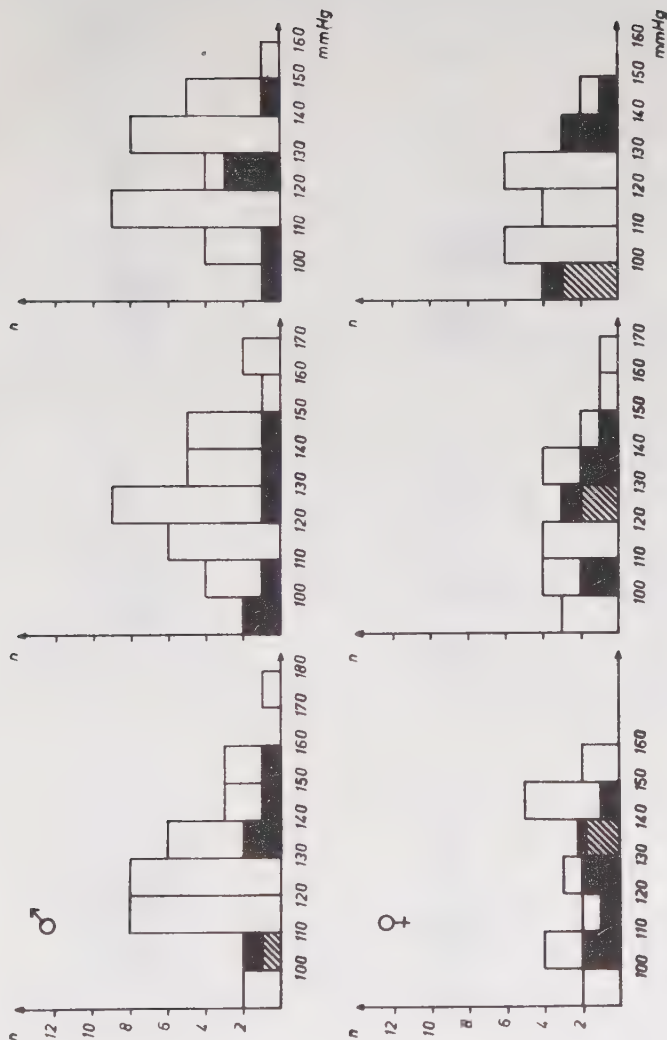


Abb. 2. Häufigkeitsdiagramm der Blutdruckwerte nach Geschlecht und Untersuchungs-terminen getrennt, ohne (weiße Säulen) und mit Gymnastik (schwarze Säulen).

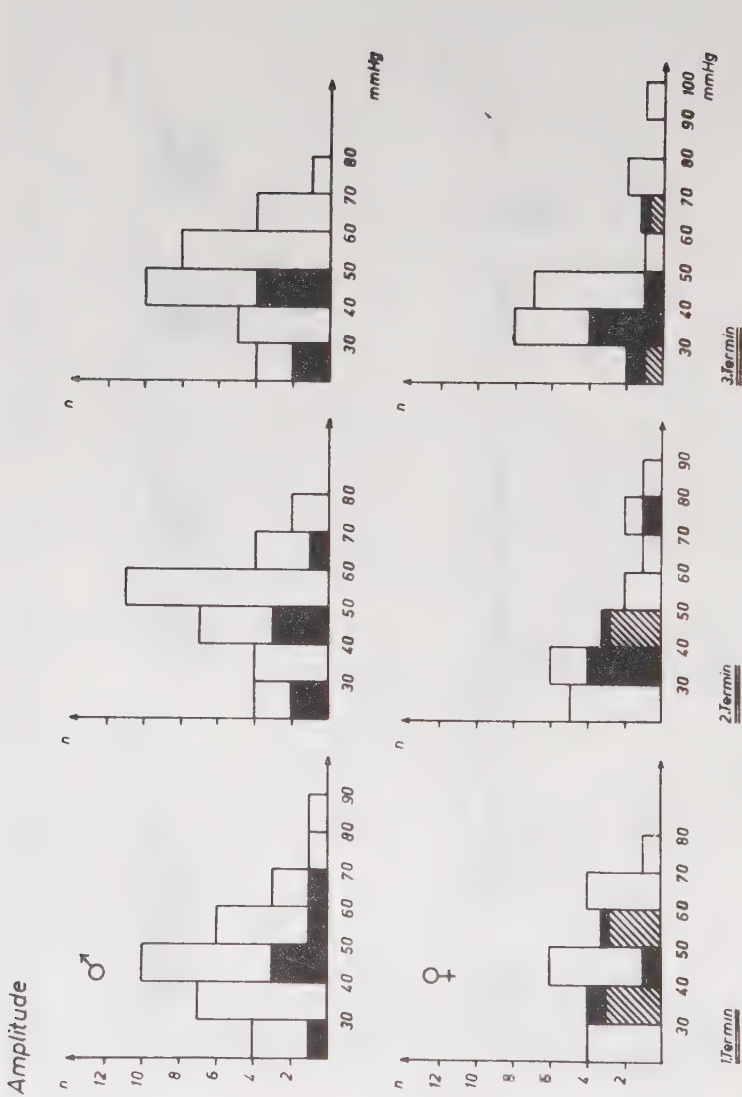


Abb. 3. Häufigkeitsdiagramm der Amplitudenwerte nach Geschlecht und Untersuchungsterminen getrennt, ohne (weiße Säulen) und mit Gymnastik (schwarze Säulen).

innerhalb der Meßreihe - z.B. der Ruhewert - bis zu einem bestimmten Maß Voraussetzung und damit Informationsträger für das Verhalten der nachfolgenden Werte ist und deren Größe und Richtung im Untersuchungsablauf mitbestimmt.

a) Berechnung

Aus der Betrachtung der Einzelergebnisse kann der Einfluß des Ruhewertes auf die Folgewerte in der Belastung sehr schwer abgelesen werden. Um das Ausmaß und die Streubreite der Abhängigkeit der Folgewerte vom Ruhewert in unserem Testverfahren zu bestimmen, führten wir folgendes Auswertungsverfahren durch:

Für die Gesamtheit der Werte jeder Meßgröße wurden ohne Berücksichtigung der Person, des Meßtermins und dessen Stellenwert im Kurverlauf korrelationsstatistische Berechnungen durchgeführt. Dabei wurde der Meßwert der L-ten Belastungsstufe als Funktion des Ausgangswertes in einem Punktwolkendiagramm aufgezeichnet. Die zugehörigen Korrelationskoeffizienten wurden errechnet. Zudem wurden die Korrelation der Meßwerte der Belastungsstufen untereinander berechnet.

b) Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 4 dargestellt.

Bei der Pulsfrequenz (siehe Tab. 4) erreicht der errechnete Maßkorrelationskoeffizient (r) zwischen den Ruhepulswerten (Variable 1 und 2) und den Werten der ersten Belastungsminute (Variable 3) einen relativ hohen Wert von $r = 0,61$ bzw. $r = 0,68$, weist dann zu

Pulsfrequenz:

Variable		Basis Variable 1	Basis Variable 2	Basis Variable 3
1	1. Ruhewert	1.0000	0.8194	0.6131
2	2. Ruhewert	0.8194	1.0000	0.6871
3	1. Min 30/50	0.6131	0.6871	1.0000
4	2. Min Watt	0.6060	0.6917	0.9376
5	1. Min 50/70	0.5511	0.6235	0.9180
6	2. Min Watt	0.5611	0.6326	0.9066
7	1. Min 70/90	0.4521	0.5081	0.8820
8	2. Min Watt	0.4186	0.4760	0.8534
9	1. Min 90/110	0.3359	0.4116	0.7863
10	2. Min Watt	0.2889	0.3628	0.7221
11	2. Min Erho-	0.6386	0.6304	0.7511
12	3. Min lung	0.6886	0.6732	0.7692

Systolischer Blutdruck:

Variable		Basis Variable 1	Basis Variable 2
1	1. Ruhewert	1.0000	0.7722
2	2. Min 30/50 Watt	0.7722	1.0000
3	2. Min 50/70 Watt	0.6502	0.8008
4	2. Min 70/90 Watt	0.6277	0.8382
5	2. Min 90/110 Watt	0.5993	0.7951
6	3. Min Erholung	0.6879	0.7588

Diastolischer Blutdruck:

Variable		Basis Variable 1	Basis Variable 2
1	1. Ruhewert	1.0000	0.7290
2	2. Min 30/50 Watt	0.7290	1.0000
3	2. Min 50/70 Watt	0.7027	0.8745
4	2. Min 70/90 Watt	0.7026	0.8062
5	2. Min 90/110 Watt	0.6570	0.7692
6	3. Min Erholung	0.5977	0.6342

Tab. 4: Errechnete Korrelationskoeffizienten der Gesamtheit der Meßwerte der jeweils L-ten Belastungsstufe zur jeweiligen Basis für Pulsfrequenz, systolischen und diastolischen Blutdruck.

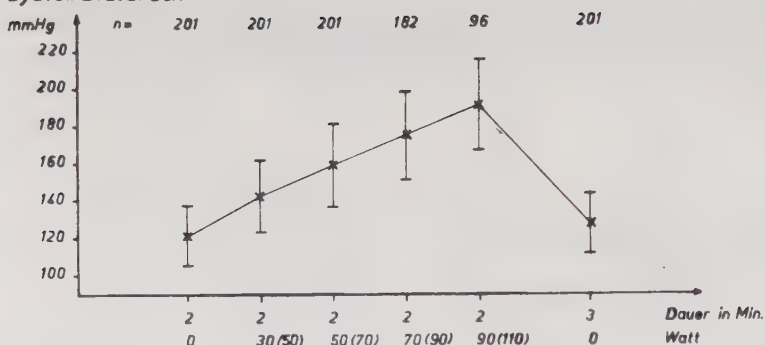
den Variablen 4 - 10 einen kontinuierlichen Abfall auf und zeigt ab der 5. Belastungsminute nur noch einen schwachen Zusammenhang zu den zugehörigen Folgewerten ($r_{1,10} = 0,28$; $r_{2,10} = 0,36$). Sehr eindrucksvoll ist die Beziehung der Werte der 1. Belastungsminute zu den Werten der folgenden Belastungsstufen: eine kontinuierliche Abnahme ist auch hier vorhanden, doch bewegen sich hier die Korrelationskoeffizienten in der Größenordnung $r_{3,4} = 0,93$ bis $r_{3,10} = 0,72$. Hier liegt also eine sehr stramme Abhängigkeit vor.

Für die Meßwerte bei systolischem und diastolischem Blutdruck zeigen die Berechnungen ein ähnliches Bild, doch sind hier die Zusammenhänge zwischen Ruhewert und den folgenden Belastungswerten (Variable 2 - 5) durchweg enger als wir bei den Pulsfrequenzwerten gesehen haben (siehe Tab. 4). Verdeutlicht werden diese Zahlen-ergebnisse durch die Abbildung 4.

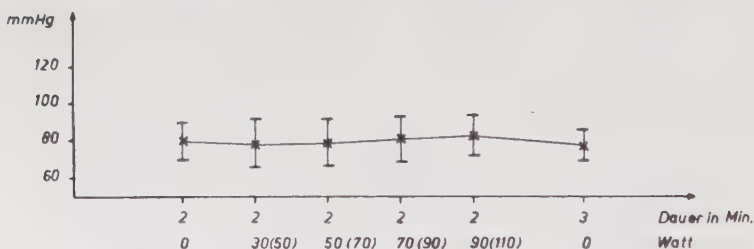
Den obigen Befunden ist zu entnehmen, daß eine offensichtlich nicht unbeachtliche Information über den Gang der Meßwerte einer Meßgröße während der Belastung in dem Ruhewert enthalten ist. Das bedeutet, daß bei einem hohen Ausgangswert auch höhere, bei einem niederen Ausgangswert entsprechend niedere Folgewerte während der Belastung erwartet werden können.

Unser Ziel ist es aber, zu untersuchen, ob über eine Änderung der Ruhewerte hinaus durch den ergometrischen Test und die daraus gewonnenen Parameter eine weitere Information über das Verhalten der Kreislaufgrößen und deren Veränderung im Kurverlauf erhalten werden kann.

systol. Blutdruck



diastol. Blutdruck



Pulsfrequenz

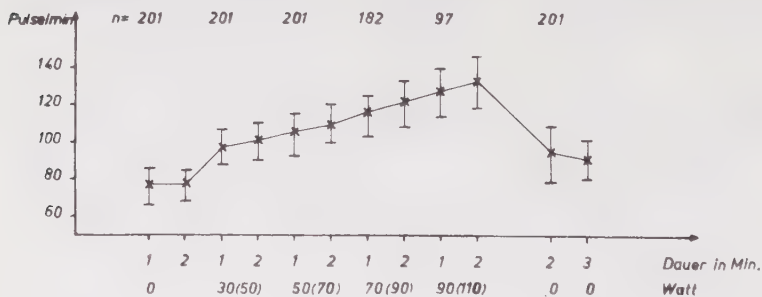


Abb. 4. Verlauf der Mittelwerte $\bar{y}_L$ der Gesamtheit aller Werte y_{iL} der Meßgrößen, systolischer, diastolischer Blutdruck und Pulsfrequenz als Funktion der Belastungsstufe L mit den zugehörigen Standardabweichungen

Es erschien deshalb sinnvoll, eine von den Ausgangswerten weitgehend, aber nicht vollständig befreite Darstellung der Parameter anzustreben. Hierzu wurden die innerhalb einer Meßgröße gewonnenen Rohdaten derart korrigiert, als würde ihnen der gleiche Ausgangswert zugrunde liegen.

3. a) Berechnung der Parameter Leistungspulsindex und PWC₁₃₀ aus korrigierten Rohdaten

In unserem Fall wurde diese "Idealisierung" der Rohdaten im Sinne einer linearen Regression vorgenommen. Das heißt, der Erwartungswert $Y_E(L)$ bei der Belastungsstufe L wurde als Funktion der Differenz zwischen gemessenem Ruhewert (AWERT) und dem Ausgangswertmittel (AWM = arithmetrische Mittel der Gesamtheit der Ruhewerte einer Meßgröße) nach der Gleichung

$$Y_E(L) = Y_A(L) - C(L) \cdot (AWERT - AWM)$$

errechnet. Dabei stellt $Y_A(L)$ den tatsächlich gemessenen Wert Y_A bei der Belastungsstufe L dar. Die Koeffizienten $C(L)$ wurden auf graphischem Wege aus den Punktwolkendiagrammen der o.a. korrelationsstatistischen Berechnung gewonnen. Sie sind aus Tabelle 5 zu ersehen. Sie geben nach Größe und Vorzeichen ein Maß für das Weiterwirken einer Veränderung des Ruhewertes (AWERT) um die Größe (AWERT - AWM) auf den Folgewert Y_A der Belastung (L).

- Bei einem Wert von $C_{LO} = \frac{1/\text{min}}{1/\text{min}}$ bei der Pulsfrequenz wirkt sich z.B. eine Veränderung des AWERT's um 5 Pulse/min voll und gleichsinnig auf den Folgewert Y_A aus, bei einem Wert von $C_{LO} = \frac{0,5/\text{min}}{1/\text{min}}$ nur um 2,5 Pulse/min. -

	Puls	RRS	Amp
C ₁₀	0,54		
C ₂₀	0,58	0,90	0,85
C ₃₀	0,57		
C ₄₀	0,60	0,87	0,86
C ₅₀	0,53		
C ₆₀	0,52	0,91	0,90
C ₇₀	0,46		
C ₈₀	0,39	0,90	0,76

Tab. 5: Darstellung der Regressionskoeffizienten C_{LO} der Werte der L-ten Belastungsstufe gegen den Ruhewert (AWERT).

Die auf diese Weise errechneten Erwartungswerte Y_E (L) der jeweiligen Meßgrößen stellen also Werte dar, wie sie sich ergeben würden, wenn alle Patienten den gleichen Ausgangswert der Größe des Ausgangswertmittels und den gleichen Zusammenhang zwischen Meßwert und Ausgangswert besäßen.

Aus diesen idealisierten Werten erfolgte in einem weiteren Auswertungsschritt eine Datenreduktion durch Berechnung der Regressionsparameter Y_E gegen Watt x - bei der Pulsfrequenz entspricht dies dem Leistungspulsindex - nach der Formel

$$Y_E = A + b \cdot x .$$

Hierbei wurden aus technischen Gründen die Wattzahlen 30/50/70/90 der Frauen den Wattzahlen 50/70/90/110 der Männer gleichgesetzt. Durch dieses Vorgehen werden die Anstiegssteilheiten der Arbeitspulsfrequenz, der systolischen Blutdruckwerte sowie der Blutdruckamplitude nicht

beeinflusst, da der Berechnung der Regressionsgeraden nur die Werte der Belastungsstufen, nicht aber der Ruhewert zugrunde gelegt werden. Lediglich für die Werte der PWC_{130} der Frauen ist eine Korrektur der Ergebnisse um -20 Watt bei der Pulsfrequenz und der Werte des systolischen Blutdrucks um $-(20 \cdot b)$ zum Ausgleich erforderlich. Aus der obigen Formel wurden folgende Parameter gewonnen:

1. Für die Pulsfrequenz:

- der Regressionskoeffizient b zwischen korrigierter Arbeitspulsfrequenz Y_E und der Leistung x

$$b = \frac{\sum_{i=1-8} (x_i - Y_{Ei})}{N} - \left(\frac{Y \cdot x}{N} \right)$$

Hierbei wurde in Abweichung vom Leistungspulsindex nach E.A. MÜLLER (1950) die Arbeitspulsfrequenzzunahme pro Watt Leistungszuwachs errechnet, entspricht also dem LPI/10.

- die PWC_{130} nach WAHLUND (1948) bzw. die Ausdauergerade nach HOLLMANN (1963).
- der Achsenabschnitt A ; dieser Wert gibt den Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der Y-Achse für die Wattleistung "Null" an. Er würde bei einem völlig linearen Anstieg der jeweiligen Meßgröße unter Belastung den Ruhewert darstellen.

2. Für den systolischen Blutdruck und die Blutdruckamplitude:

- die Regressionskoeffizienten b für den Blutdruck - bzw. Blutdruckamplitudenanstieg in mmHg/Watt
- die der PWC_{130} bzw. Ausdauergerade zugehörigen Werte des systolischen Blutdrucks und der Amplitude
- Achsenabschnitt A .

Diese Parameter wurden zunächst für jeden einzelnen Patienten und nach Meßterminen getrennt berechnet. Hieraus wurden für die Meßtermine 1, 2 und 3 der oben genannten Patientengruppen die arithmetrischen Mittel der Parameter jeder Meßgröße errechnet.

3. b) Ergebnisse der Beziehungen der Parameter aus den korrigierten Rohdaten

- α) Innerhalb der jeweiligen Patientengruppen ohne Gymnastik können an Hand der Tabelle 6 nur minimale Änderungen der Mittelwerte, der Achsenabschnitte und der PWC_{130} sowie der zugehörigen Maxima-Minima-Bereiche und der Streuung im Kurverlauf abgelesen werden. Vergleichen wir unter den o.a. Vorbehalten (s.S. 22) diese Gruppen mit dem Personenkreis mit Gymnastik, so kommen wir bei den Männern zu dem überraschenden Ergebnis, daß hier die rechnerische Leistungsfähigkeit aufgrund eines höheren Leistungspulsindex - der sich zum 3. Termin der Vergleichsgruppe ohne Gymnastik angleicht - durchweg geringer ist (s. Tab. 7). Bei den beiden weiblichen Gruppen ergeben sich unter diesem Gesichtspunkt keine erwähnenswerten Unterschiede.

Wesentliche Differenzen treten wie erwartet bei dem Vergleich der Werte zwischen Männern und Frauen auf: Während der Leistungspulsindex der Männer im Mittel 0,47 Pulse/Watt Leistungszunahme und die PWC_{130} 125 Watt beträgt, erreichen die Frauen mit einem wesentlich schnelleren Pulsfrequenzanstieg von 0,61 nur 83 Watt bei Pulsfrequenz 130, demnach etwa nur zwei Drittel der von den Männern erbrachten

Leistung. Ferner weicht die rechnerische Ruhepulsfrequenz bei einem angenommenen linearen Pulsfrequenzanstieg - entsprechend dem Achsenabschnitt - bei den Frauen mit 10 - 12 Pulsen nahezu doppelt so stark vom tatsächlichen Ruhepulsmittel ab wie bei den Männern.

Die Besetzungszahlen (n) in den Abbildungen 5 und 6 veranschaulichen uns, daß aufgrund der oben angegebenen Abbruchskriterien (s.S. 18) etwa 10 % der Patienten die Untersuchung nach der 2. Belastungsstufe abbrechen mußten. Nur etwa 45 % jeder Gruppe konnten den gesamten Untersuchungsgang durchstehen oder durchführen. Bei den Männern ist dabei eine geringe Erhöhung der Besetzungszahlen zu verzeichnen. Erwähnenswert ist, daß nur einzelne Patienten die Untersuchung aus subjektivem Empfinden von selbst wegen Erschöpfung abgebrochen haben - im übrigen alles Frauen, möglicherweise auf eine Dissimulation bei den Männern zurückzuführen - ; der weitaus größte Teil wurde an Hand der objektiven Kriterien zum Abbruch aufgefordert. Die Diskrepanz der Summen in Abbildung 5 und 6 gegenüber Tabelle 8 ist durch eine häufige Kombination mehrerer Abbruchskriterien begründet. Da sich die Mittelwerte der letzten beiden Belastungsstufen in Abbildung 5 und 6 also aus den Werten der offensichtlich leistungsfähigeren Patienten zusammensetzen, bleiben sie durch einen erwartungsgemäß niedrigeren Leistungspulsindex sichtbar unter dem linearen Anstieg der Mittelwerte der Gesamtgruppe. In der Darstellung der Gesamtmittelwerte für Männer und Frauen zusammen (vgl. Abb. 4) war dieses Phänomen noch nicht erkennbar. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen uns ferner, daß durch die Berechnung der einzelnen Regressionsparameter aus den nach oben beschriebenen Verfahren korrigierten Einzeldaten keine schwerwiegende Verfälschung der Ergebnisse eintrat. Bei einem Vergleich mit einer gedach-

Tabelle 6

PULSFREQUENZ

Gruppe (n)	Männer o. Gymn (32)			Frauen o. Gymn (21)		
Termin	I	II	III	I	II	III
Ruhewert						
$\bar{x}$	79.0	79.1	78.4	80.0	79.6	78.1
Max	105	104	98	115	92	88
Min	58	64	58	60	65	66
σ_x	12.7	10.2	10.6	11.8	7.3	6.3
σ_m	2.2	1.8	1.9	2.6	1.6	1.4

Anstiegs-
steilheit

$\bar{x}$	0.47	0.47	0.48	0.60	0.60	0.63
Max	0.77	0.72	0.76	1.04	0.93	0.92
Min	0.29	0.17	0.29	0.36	0.30	0.34
σ_x	0.12	0.12	0.13	0.17	0.16	0.17

Achsenab-
schnitt

$\bar{x}$	72.3	74.0	72.8	69.0	69.2	66.2
Max	86.0	92.8	89.3	88.6	90.3	88.9
Min	60.5	61.9	56.9	42.0	50.1	48.0
σ_x	5.72	7.11	7.46	11.80	11.05	10.95

PWC₁₃₀

$\bar{x}$	127.7	124.3	124.9	84.2*	84.4*	84.3*
Max	186.4	217.9	166.9	120.2*	125.3*	127.6*
Min	80.5	59.9	60.3	49.5*	52.8*	57.6*
σ_x	26.59	28.74	27.50	19.37	19.59	19.47

*: gemäß den Angaben auf Seite 35 korrigierte Werte.

Tabelle 7

PULSFREQUENZ

Gruppe (n)	Männer m.Gymn. (6)			Frauen m.Gymn. (7)		
Termin	I	II	III	I	II	III
Ruhewert						
$\bar{x}$	80.6	77.5	83.8	81.1	77.1	77.2
Max	87	87	100	112	92	86
Min	66	64	70	62	70	64
σ_x	7.7	8.2	11.9	16.8	6.6	6.5
σ_m	3.17	3.34	4.87	5.97	2.34	2.32
Anstiegs- steilheit						
$\bar{x}$	-	-	-	0,62	0,51	0.61
Max	-	-	-	0.88	0.75	0.94
Min	0.33	0.38	0.35	0.49	0.22	0.48
σ_x	-	-	-	0.12	0.19	0.15
Achsenab- schnitt						
$\bar{x}$	71.3	71.8	79.6	67.5	75.7	72.2
Max	79.5	76.4	88.9	80.6	89.8	83.1
Min	62.4	67.8	68.7	57.6	65.6	51.8
σ_x	6.47	3.08	7.17	6.96	9.03	11.35
PWC ₁₃₀						
$\bar{x}$	-	-	-	82.5*	99.3*	76.4*
Max	154.9	151.1	159.2	105.6*	206.2*	104.7*
Min	-	-	-	53.6*	53.6*	49.8*
σ_x	-	-	-	19.06	54.50	22.82

* gemäß den Angaben auf Seite 35 korrigierte Werte.

ten Geraden durch die Rohdatenmittelwerte der einzelnen Belastungsstufen kann man erkennen, daß durch die Korrektur eine Verschiebung mit geringer Erhöhung der Anstiegssteilheit zustande kam. Der Leistungspulsindex wird dadurch um höchstens 0,05 Pulse/Watt, die PWC_{130} um etwa + 5 Watt größer.

β) Parameter des systolischen Blutdrucks

Eine Betrachtung innerhalb der Patientengruppen zeigt als Wesentlichstes eine Zunahme der Anstiegssteilheit des Blutdruckes vom 1. zum 2. Termin, die sich im weiteren Kurverlauf stabilisiert. Größere Schwankungen im Bereich der Streuung σ_x der jeweiligen Parameter sind wohl auf verschiedene "Ausrutscher" im Maximum- und Minimumbereich zu erklären (vgl. Tab. 9). Eine der Anstiegssteilheit entsprechende Blutdruckerhöhung bei der Leistung bei Puls 130 bleibt jedoch in der erwarteten Höhe aus. Die Berechnung der Differenz zwischen Ruhemittelwert u. zugehörigem Mittelwert der Achsenabschnitte - graphisch in Abbildung 7 und 8 erfaßt - führt zu einer raschen Lösung: der Blutdruckanstieg erfolgt offensichtlich steiler aber verzögerter; aufgrund dieser Verzögerung wirkt sich die erhöhte Anstiegssteilheit im Punkt PWC_{130} noch nicht aus, dürfte aber in höheren Leistungsbereichen gut erkennbar werden (vgl. auch die Werte der Frauen mit und ohne Gymnastik in Tab. 9 und 10).

Ein Vergleich der beiden Geschlechter erbringt für die Mittel der Anstiegssteilheit und der Achsenabschnitte nur minimale Unterschiede. Die beachtlichen Differenzen der Streubreiten dieser beiden Parameter beim 2. und 3. Termin sind durch die beiden "Ausreißer" bei den Frauen zu erklären - Anstiegssteilheit 2,72 bzw. 2,49 mit

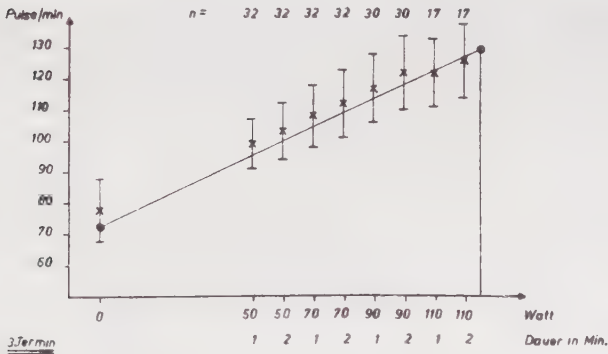
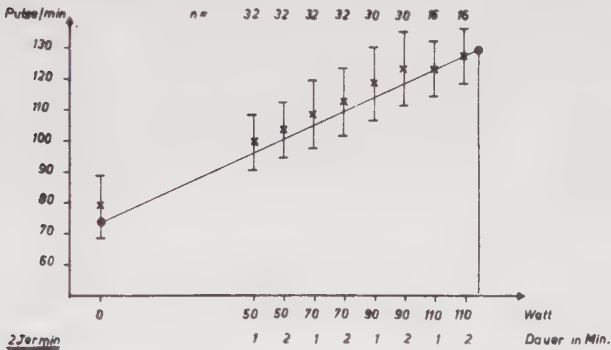
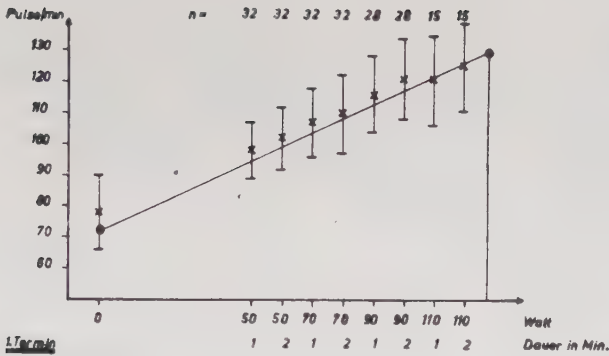


Abb. 5. Pulsfrequenz-Mittelwerte $\bar{x}$ (x) und Streubreite (---) der Rohdaten der jeweils 1-ten Belastungsstufe getrennt nach Terminen mit den aus den korrigierten Werten erhaltenen Parametern Leistungs-pulsindex (---), Achsenabschnitt A (o) und PWC₁₃₀ (o), männliche Patienten.

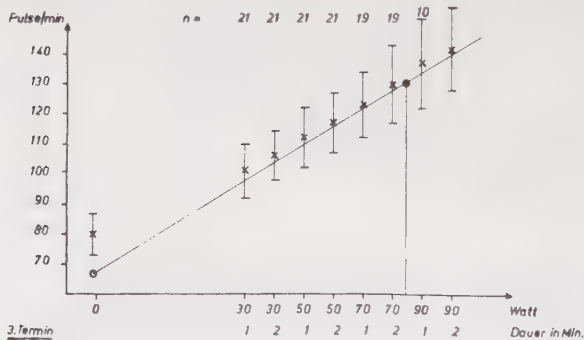
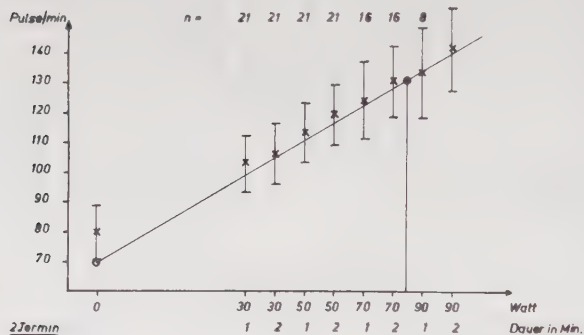
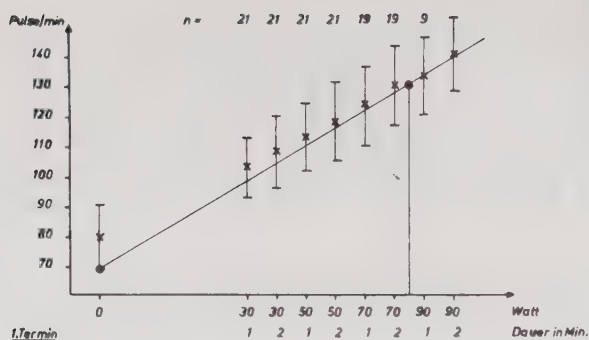


Abb. 6. Darstellung wie in Abb. 5 für weibliche Patienten.

Kriterium	(n)	Männer o. Gymn.			Frauen o. Gymn.		
		32	32	32	21	21	21
		I	II	III	I	II	III
	Stufe	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3
Erschöpfung					2	3	
Ekg-Veränderung							
ES		2	1 1	1 4			
ST-Senkung		4	5	5	2 2	2 2	1 3
Stenocardie							
Dyscardie							
Dyspnoe							
Blutdruckverh.		2 2	3	2 3	1	1	
Frequenzverh.		2	2 4	4	2	1	1
altersabhäng.							
Ausbel.-Frequ.		2 10	1 12	2 12	2 8	3 8	2 9

Tab. 8: Zusammenstellung der aufgrund der Abbruchskriterien (s.S. 18) vollzogenen Beendigung der Belastungstests.

einem entsprechenden Achsenabschnitt von - 12,8 bzw. - 12,9 -. Für den systolischen Blutdruck bei Puls 130 sind die Werte aufgrund der oben beschriebenen geringeren Leistung der Frauen bei Puls 130 in gleichem Umfang niedriger als bei den Männern. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß aus technischen Gründen in Tabelle 9 und 10 nur die Mittelwerte $\bar{x}$ bei Puls 130, nicht aber die Maxima und Minima obigen Maßgaben entsprechend (s.S. 35) korrigiert werden konnten. Wie bei den Regressionsparametern der Pulsfrequenzwerte kam auch beim systolischen Blutdruck durch die Korrektur eine Verschiebung der Parameter gegenüber den Rohdaten zustande, die zu einer gedachten Linie durch die Belastungswerte fast parallel verläuft und zu allen 3 Terminen gleichermaßen vorliegt.

γ) Parameter der Blutdruckamplitude

Die Anstiegssteilheiten der Blutdruckamplitude zeigen im Wesentlichen einen durch das beschriebene Verhalten des systolischen Blutdrucks geprägten Verlauf während der drei Untersuchungen (s. Tab. 11, Abb. 9 und 10). Die etwas kleineren Werte der Anstiegssteilheit sprechen für einen geringfügigen Anstieg des diastolischen Blutdrucks in der Größenordnung 0,06 bis 0,2 mmHg/Watt Leistungszunahme. Diesem Verhalten soll aber aufgrund der oben geschilderten Auswertungsungenauigkeiten (s. Kap. Problem der Methode, S. 20) keine Bedeutung beigemessen werden.

Tabelle 9

SYSTOLISCHER BLUTDRUCK

Gruppe (n)	Männer o. Gymn. (32)			Frauen o. Gymn. (21)		
	I	II	III	I	II	III
Ruhewert						
$\bar{x}$	129.4	129.7	127.0	129.8	124.1	116.1
Max	172	165	159	160	170	150
Min	95	105	98	96	95	90
σ_x	17.3	15.5	15.0	21.3	20.2	16.0
σ_m	3.07	2.75	2.66	4.65	4.42	3.50
Anstiegs- steilheit						
$\bar{x}$	0.76	0.96	0.92	0.69	0.92	0.95
Max	1.34	1.72	1.92	1.37	2.72	2.49
Min	0.34	0.57	0.38	0.30	0.40	0.37
σ_x	0.31	0.25	0.37	0.30	0.52	0.48
Achsenab- schnitt						
$\bar{x}$	107.1	90.1	93.5	104.4	89.7	89.8
Max	151.3	118.0	137.7	145.5	139.7	137.1
Min	60.6	47.1	49.5	54.5	-12.8	-12.9
σ_x	20.48	14.25	23.12	24.06	31.76	31.48
PWC ₁₃₀						
$\bar{x}$	203.0	207.8	205.3	162.4*	167.3*	169.8*
Max	260.9	312.0	292.7	207.4	234.3	243.9
Min	155.5	146.4	148.3	147.7	145.1	151.4
σ_x	27.05	30.43	31.15	18.73	27.57	26.68

* gemäß den Angaben auf Seite 35 korrigierte Werte.

Tabelle 10

SYSTOLISCHER BLUTDRUCK

Gruppe (n)	Männer m.Gymn. (6)			Frauen m.Gymn. (7)		
Termin	I	II	III	I	II	III
Ruhewert						
$\bar{x}$	126.1	116.5	121.5	122.7	122.6	116.7
Max	150	145	145	145	137	145
Min	92	93	98	106	100	97
σ_x	21.8	22.1	16.4	13.9	13.5	21.0
σ_m	8.92	9.04	6.70	4.91	4.78	7.43
Anstiegs- steilheit						
$\bar{x}$	0.88	0.97	0.95	0.50	0.65	0.67
Max	1.12	1.23	1.51	0.80	0.87	1.25
Min	0.66	0.67	0.37	0.20	0.50	0.03
σ_x	0.15	0.27	0.42	0.24	0.15	0.41
Achsenab- schnitt						
$\bar{x}$	100.5	91.2	96.6	126.5	112.3	112.2
Max	122.6	124.0	126.2	161.9	140.2	174.8
Min	77.4	53.9	74.9	94.0	93.0	70.4
σ_x	18.38	23.08	17.89	26.14	19.62	34.40
PWC ₁₃₀						
$\bar{x}$	198.0	196.6	196.4	167.7*	176.8*	163.3*
Max	234.3	224.2	220.9	189.6	252.5	226.1
Min	171.5	171.4	157.0	167.7	161.0	162.9
σ_x	25.02	19.54	26.24	8.52	30.7	21.64

* gemäß den Angaben auf Seite 35 korrigierten Werte.

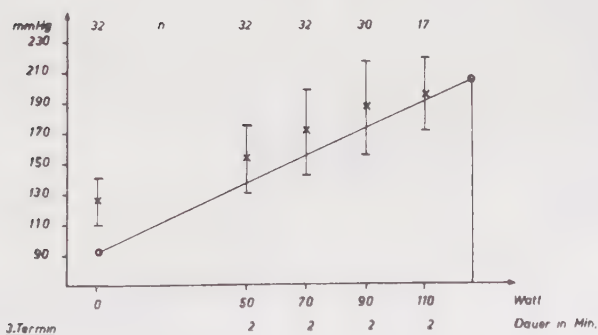
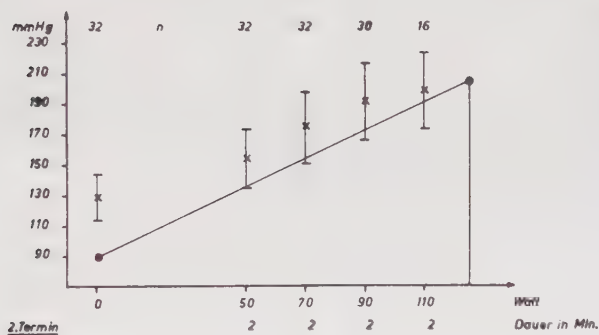
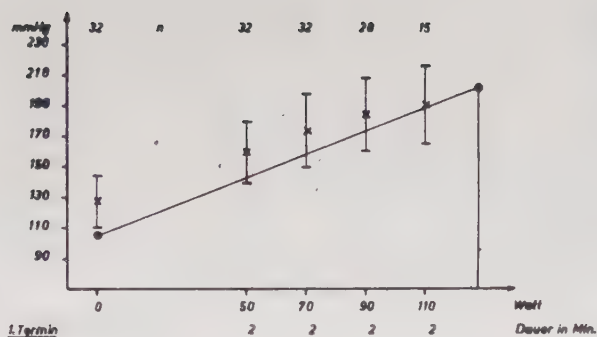


Abb. 7. Mittelwerte $\bar{x}$ des systolischen Blutdrucks (x) und Streubreite (---) der Rohdaten der jeweils L-ten Belastungsstufe, getrennt nach Terminen mit den aus den korrigierten Werten erhaltenen Parametern Anstiegssteilheit (mmHg/Watt) (---) Achsenabschnitt (o) und Blutdruck bei Puls 130/min, männliche Patienten.

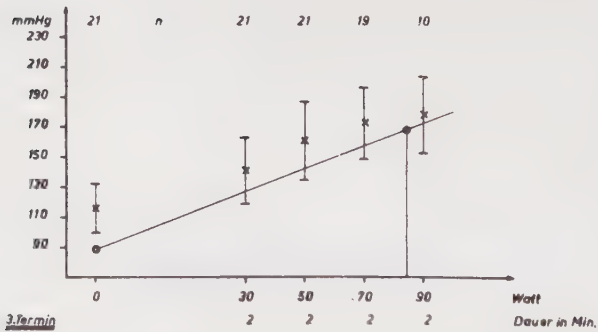
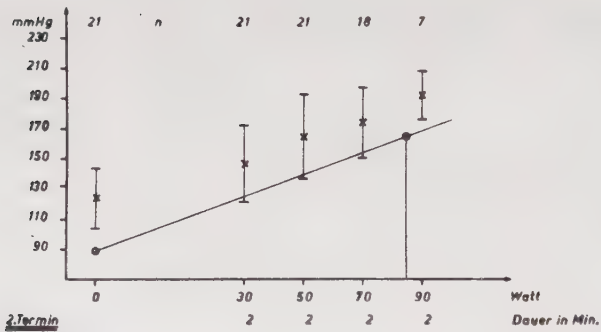
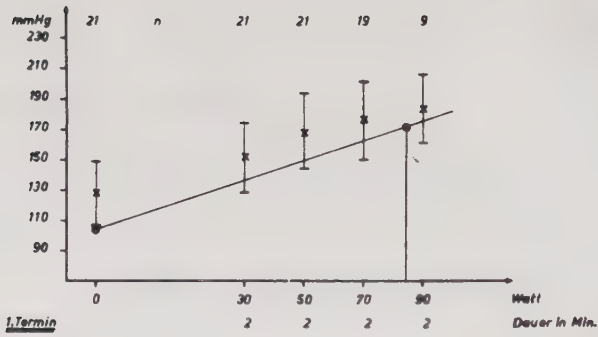


Abb. 8. Entsprechende Darstellung wie in Abb. 7, weibliche Patienten.

Tabelle 11

AMPLITUDE

Gruppe (n) Termin	Männer o.Gymn. (32)			Frauen o.Gymn. (21)		
	I	II	III	I	II	III
Ruhewert						
$\bar{x}$	47.4	50.1	47.2	79.4	82.8	85.6
Max	81	80	71	75	82	84
Min	24	25	25	21	22	18
6_x	13.5	13.9	13.1	15.5	18.6	15.3

Anstiegs-
steilheit

$\bar{x}$	0.65	0.86	0.77	0.63	0.71	0.77
Max	1.44	1.54	1.63	1.39	2.12	2.10
Min	0.19	0.28	0.24	0.22	0.10	0.15

Achsenab-
schnitt

$\bar{x}$	31	17	22	28	21	23
Max	83	54	74	33	69	57
Min	-20	-25	-20	-36	-52	-30

PWC₁₃₀

$\bar{x}$	120	124	120	79.4*	82.8*	85.6*
Max	182	184	195	138	147	167
Min	74	56	51	64	58	66

*: gemäß den Angaben auf Seite 34 korrigierte Werte.

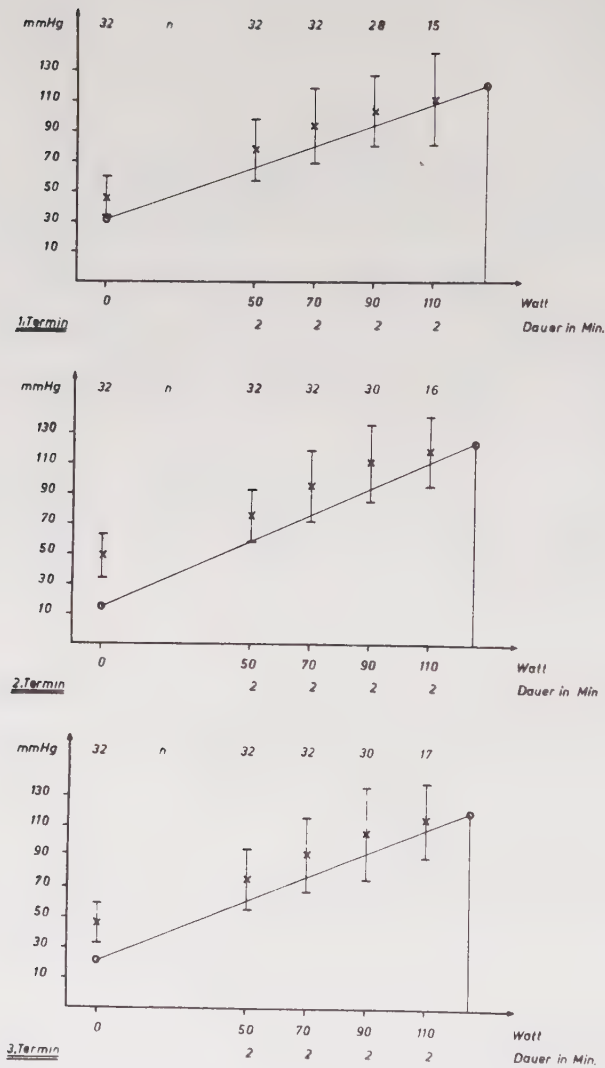


Abb. 9. Blutdruckamplituden-Mittelwerte $\bar{x}$ und Streubreite aus Rohdaten der jeweils L-ten Belastungsstufe, getrennt nach Terminen mit den aus den korrigierten Werten erhaltenen Parametern Anstiegssteilheit (mmHg/Watt), Achsenabschnitt und Amplitude bei Puls 130/min, männliche Patienten.

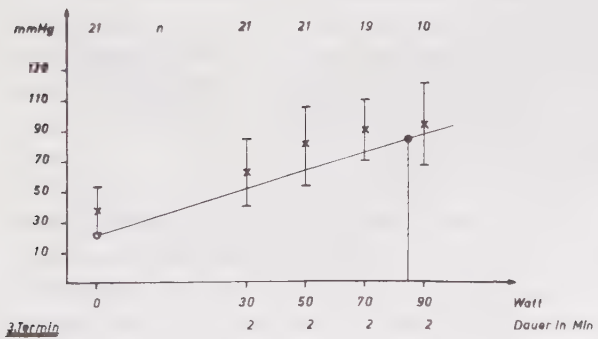
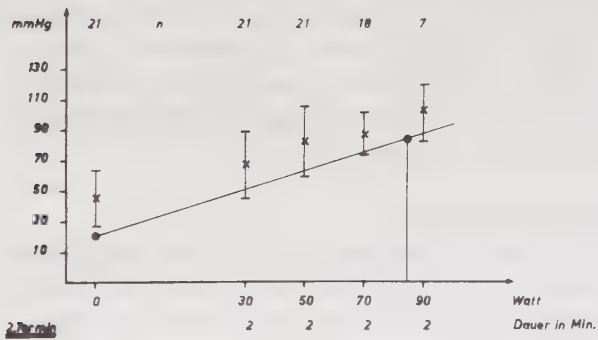
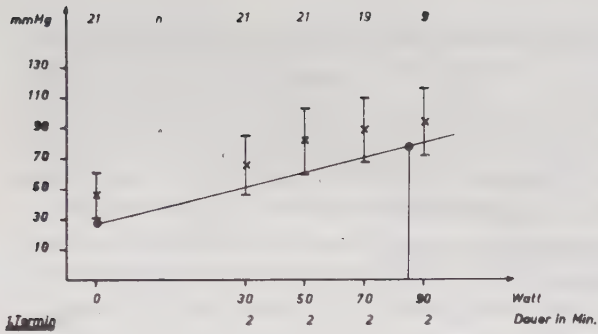


Abb. 10. Entsprechende Darstellung wie in Abb. 9, weibliche Patienten.

4. Weitere Bearbeitung der Rohdaten und der Parameter

Die bisherigen Ergebnisse geben die von uns bei den Einzeluntersuchungen gemachten Beobachtungen, daß bei zahlreichen Patienten von Termin zu Termin deutliche Schwankungen im Verhalten der Kreislaufgrößen unter Belastung auftraten, nicht wieder. Lediglich die Standardabweichungen und Variationsbreiten der Regressionskoeffizienten b sowie der PWC_{130} der einzelnen Meßgrößen (s.Tab. 6) weisen auf starke individuelle Differenzen im Kreislaufverhalten hin. Ob es sich hierbei um konstante interindividuelle Unterschiede oder um intraindividuelle Veränderungen im Kurverlauf handelt, läßt sich aus diesen Werten nicht ablesen, sondern erst durch eine differenziertere Betrachtungsweise klären.

a) Auswertungsverfahren

Zunächst ermittelten wir für jeden Patienten gesondert die Änderung sämtlicher oben angegebener Parameter von Meßtermin zu Meßtermin. Für eine erneute Zusammenfassung von Patienten mit ähnlichem Reaktionsmuster zu neuen Gruppen schien uns als Kriterium die Änderung der Leistungsfähigkeit in Form der PWC_{130} am objektivsten. Dadurch entstanden pro Geschlecht wiederum 4 Untergruppen nach folgendem Schlüssel:

Gruppe 1: . - . Diese Patienten wiesen zur jeweils vorangegangenen Untersuchung eine Leistungsminderung bei Puls 130 von mehr als $- 1/2 \bar{6}$ (s. Tab. 6) auf; das ist bei den Männern mehr als - 14 Watt, bei den Frauen mehr als - 10 Watt.

Gruppe 2: . (-) . Leistungsminderung bei Puls 130 bis $- 1/2 \bar{6}$, das ist bis - 14 bzw. bis - 10 Watt.

Gruppe 3: . (+) . Leistungszunahme bei Puls 130
bis $+ 1/2 \bar{6}$, das ist bis $+ 14$ bzw. $+ 10$ Watt.

Gruppe 4: . + . Leistungszunahme bei Puls 130
um mehr als $+ 14$ bzw. $+ 10$ Watt.

Eine Aufschlüsselung der Patienten mit Übungs-
behandlung nach diesem Schema war aufgrund der
kleinen Besetzungszahl nicht sinnvoll; sie sind
deshalb im Folgenden nicht mehr aufgeführt.

b) Ergebnisse

Bei der Erörterung der Ergebnisse müssen wir uns
infolge der ungeheueren Vielfalt der Kombinations-
und der entsprechenden Deutungsmöglichkeiten auf
einige uns wesentlich erscheinende Punkte beschrän-
ken.

Bei den Männern wurden unsere Einzelbeobachtungen
während der Untersuchungen durch die Ergebnisse
bestärkt. Von der 1. zur 2. Untersuchung weisen 10
Patienten einen sehr deutlichen Leistungsabfall von
im Mittel - 24 Watt auf, 10 Personen der Gruppe 2
und 5 Männer der Gruppe 3 bewegen sich mit - 5 bzw.
 $+ 7$ Watt im $1/2$ Sigma-Bereich (s. Tab. 11). Nur 5
Patienten erfahren eine Leistungssteigerung von im
Mittel $+ 27$ Watt. Vom 2. zum 3. Untersuchungstermin
kehrt sich das Verteilungsmuster in Richtung der
Leistungssteigerung (vgl. Tab. 12). Für den Gesamt-
verlauf von der 1. zur 3. Untersuchung ist aus
Tabelle 13 zu ersehen, daß die Männer der Gruppe 2
und 3 hinsichtlich der Endleistung sehr eng zu-
sammenliegen und sich auf den Gesamtmittelwert der
3. Untersuchung von 124 Watt (vgl. Tab. 6) zu be-
wegen. Die dort ersichtliche Abnahme des Gesamt-

mittels von 127 auf 124 Watt läßt sich nun auf die beachtliche "Randgruppe" 1 mit 9 Personen und einer vergleichsweise sehr niedrigen Endleistung von nur 110 Watt bei Puls 130 zurückführen.

Wie bei der Definition des Leistungspulsindex und seiner engen Verknüpfung mit der PWC₁₃₀ nicht anders zu erwarten war, zeigen diese Werte in der Leistungsfähigkeit entgegengesetztes Verhalten, d.h. die Randgruppen mit dem größten Abfall bzw. Zuwachs weisen entsprechende Zu- bzw. Abnahme der LPI-Werte auf, ohne daß sich die Werte der Achsenabschnitte in ein ähnlich straffes Verhaltensmuster einordnen lassen. Obwohl die Ruhepulswerte und ihre Änderung nicht streng mit den Leistungsänderungen parallel laufen, so zeichnet sich doch ab, daß besonders die Patientengruppen 1 und 2 eine durchschnittlich niedrigere Ausgangsfrequenz bzw. größere Abnahme der Ausgangsfrequenz vorweisen (vgl. Tab. 11 bis 13). Zum Kurende liegen diese Gruppen mit einer Ruhefrequenz von 72 bzw. 70 P/min ganz erheblich unter dem Mittel von 78 P/min (vgl. Tab. 6), während die Gruppe 4 mit 84 P/min einen Anstieg um 6 P/min gegenüber dem Vortermine aufweist.

Dem Zahlengut der weiblichen Versuchspersonen ist ein derartig phasenförmiger Verlauf nicht zu entnehmen. Zwar sind hier von der 1. zur 2. Untersuchung die Randgruppen 1 und 4 mit einer Leistungsänderung von im Mittel - 25 bzw. + 17 Watt auch zahlenmäßig relativ stark, doch bleibt ein gegensinniges Verhalten vom 2. zum 3. Termine aus. Hier bewegen sich alle Patientinnen im $\pm 1/2$ Sigma-Bereich mit im Mittel ± 5 Watt (s. Tab. 11 und 12). Während für den Leistungspulsindex Entsprechendes gilt wie bei den Männern, gibt es bei der Ruhepulsfrequenz keinen Anhalt für ein ähnliches Muster.

PULSFREQUENZ

Gruppe	(n)	$\bar{x}$ Watt 1. Unt.	Watt- änd.	$\bar{x}$ Ruhe 1. Unt.	Ruhe Änd.	$\bar{x}$ B	B - änd.	$\bar{x}$ A	A - änd.
--------	-----	---------------------------	---------------	---------------------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Männer

-	10	142	- 24	77	0	0,41	+ 0,10	78	+ 1,5
(-)	12	124	- 5	82	- 0,8	0,51	0	66	+ 3
(+)	5	112	+ 7	78	+ 2	0,49	- 0,05	75	+ 3
+	5	118	+ 27	77	+ 3	0,46	- 0,11	73	+ 3,5

Frauen

-	4	109	- 25	71	- 3	0,63	+ 0,09	57	+ 7
(-)	2	106	- 7	76	+ 2	0,52	+ 0,10	78	- 7
(+)	10	109	+ 3	83	0	0,55	- 0,02	72	+ 1
+	5	87	+ 17	72	+ 2	0,62	- 0,05	64	- 4

SYSTOLISCHER BLUTDRUCK

Männer

-	10	202	- 5	130	0	0,70	+ 0,25	106	- 18
(-)	12	201	- 1	122	- 1	0,68	+ 0,21	105	- 19
(+)	5	198	+ 2	128	+ 3	0,77	+ 0,06	103	- 6
+	5	209	+ 42	145	- 4	0,91	+ 0,17	109	- 21

Frauen

-	4	161	+ 5	130	- 16	0,60	+ 0,08	95	+ 12
(-)	2	195	- 21	140	+ 2	0,88	- 0,10	98	- 2
(+)	10	182	+ 10	124	- 2	0,77	+ 0,20	99	- 20
+	5	174	+ 14	137	- 6	0,45	+ 0,33	104	- 29

BLUTDRUCKAMPLITUDE

Männer

-	10	122	- 4	45	+ 5	0,67	+ 0,09	16	+ 1
(-)	12	122	- 6	43	- 2	0,72	+ 0,13	32	- 6
(+)	5	119	+ 10	48	+ 12	0,68	+ 0,20	35	- 17
+	5	125	+ 43	56	0	0,69	+ 0,30	47	- 34

Frauen

-	4	78	+ 2	48	- 13	0,47	- 0,01	28	+ 13
(-)	2	105	- 19	43	+ 1	0,89	- 0,30	8	+ 20
(+)	10	95	+ 8	42	+ 1	0,71	+ 0,08	16	- 9
+	5	90	+ 11	54	+ 4	0,51	+ 0,18	40	- 15

Tab. 11: Mittelwerte der einzelnen Parameter und ihre Änderung vom 2. zum 1. Termin, errechnet für die auf S. 51 näher beschriebenen Personen-
gruppen. Einteilungskriterium für die Gruppen
ist die Änderung der PWC₁₃₀ von Termin 2 zu
Termin 1 (s.S. 52/53).

PULSFREQUENZ

Gruppe (n)	$\bar{x}$ Watt 2. Unt.	Watt- änd.	$\bar{x}$ Ruhe 2. Unt.	Ruhe Änd.	$\bar{x}$ B	B - änd.	$\bar{x}$ A	A - änd.
------------	---------------------------	---------------	---------------------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Männer

-	7	152	-	24	78	-	8	0,38 + 0,09	75 - 1
(-)	6	114	-	6	81		0	0,49 + 0,13	80 - 9
(+)	10	112	+	6	81	-	1	0,52 - 0,01	77 - 1
+	9	121	+	26	79	+	1	0,50 - 0,12	73 + 5

Frauen

-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
(-)	11	104	-	5	77	+	1	0,60 + 0,08	67 - 3
(+)	10	104	+	5	79		0	0,59 + 0,01	69 - 3
+	0	-	-	-	-	-	-	-	-

SYSTOLISCHER BLUTDRUCK

Männer

-	7	231	-	35	134	-	3	0,88 + 0,10	94 - 7
(-)	6	207		0	129	+	3	1,09 + 0,14	86 - 8
(+)	10	191	+	5	129	-	4	0,91 - 0,08	94 + 7
+	9	206	+	13	127	-	5	0,99 - 0,22	87 + 15

Frauen

-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
(-)	11	182	-	5	121	-	5	0,89 - 0,12	77 + 13
(+)	10	187	+	13	127	-	11	0,77 + 0,21	103 - 13
+	0	-	-	-	-	-	-	-	-

BLUTDRUCKAMPLITUDE

Männer

-	7	134	-	43	51	+	2	0,89	0	15 + 3
(-)	6	119	+	3	50	-	1	0,94 + 0,20	13	0
(+)	10	109	+	6	47	+	3	0,76 + 0,02	24 + 5	
+	9	123	+	12	50	-	7	0,91 - 0,25	15 + 18	

Frauen

-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(-)	11	93	-	1	45	-	5	0,78 - 0,06	13 + 6	
(+)	10	101	+	9	46	-	12	0,72 - 0,18	29 + 8	
+	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 12: Mittelwerte der einzelnen Parameter und ihre Änderung vom 3. zum 2. Termin, errechnet für die auf Seite 51 näher beschriebenen Personengruppen. Einteilungskriterium für die Gruppen ist die Änderung der PWC₁₃₀ von Termin 3 zu Termin 2.

PULSFREQUENZ

Gruppe (n)	$\bar{x}$ Watt 3. Unt.	Watt- änd.	$\bar{x}$ Ruhe 3. Unt.	Ruhe Änd.	$\bar{x}$ B	B - änd.	$\bar{x}$ A	A - änd.
------------	---------------------------	---------------	---------------------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Männer

-	9	110	- 29	72	0	0,54 + 0,15	70 - 3
(-)	4	129	- 7	70	- 9	0,45 + 0,03	74 0
(+)	14	127	+ 7	82	0	0,47 - 0,03	71 + 3
+	5	139	+ 22	84	+ 6	0,42 - 0,07	69 + 4

Frauen

-	3	87	- 25	80	+ 3	0,73 + 0,14	66 0
(-)	7	99	- 7	78	- 3	0,66 + 0,05	65 0
(+)	7	114	+ 6	81	+ 3	0,58 + 0,04	66 - 8
+	4	107	+ 18	74	+ 7	0,59 - 0,07	65 0

SYSTOLISCHER BLUTDRUCK

Männer

-	9	193	- 12	124	- 8	1,04 + 0,30	85 - 24
(-)	4	213	+ 8	130	- 7	1,09 + 0,28	80 - 19
(+)	14	204	+ 8	125	0	0,84 + 0,12	99 - 11
+	5	216	+ 7	134	+ 4	0,80 - 0,15	95 + 6

Frauen

-	3	172	+ 6	102	- 24	0,72 + 0,14	109 + 10
(-)	7	177	- 3	116	- 7	0,89 + 0,23	74 - 16
(+)	7	194	+ 12	114	- 13	0,84 + 0,07	96 - 6
+	4	207	+ 35	127	+ 16	1,14 + 0,07	85 - 45

BLUTDRUCKAMPLITUDE

Männer

-	9	108	- 10	45	- 4	0,88 + 0,13	17 - 1
(-)	4	126	+ 5	49	- 8	0,93 + 0,18	11 - 16
(+)	14	120	+ 9	45	+ 4	0,72 + 0,14	30 - 13
+	5	135	- 4	50	+ 5	0,72 - 0,26	24 + 9

Frauen

-	3	85	+ 5	32	- 17	0,54 + 0,10	24 + 7
(-)	7	91	- 3	37	- 4	0,84 + 0,17	7 - 9
(+)	7	100	+ 7	33	- 11	0,60 + 0,03	26 + 10
+	4	123	+ 36	54	- 7	0,71 + 0,46	21 - 22

Tab. 13: Mittelwerte der einzelnen Parameter und ihre Änderung vom 3. zum 1. Termin, errechnet für die auf S. 51 näher beschriebenen Personengruppen. Einteilungskriterium für die Gruppen ist die Änderung der PWC₁₃₀ vom Termin 3 zu Termin 1.

Ganz offensichtlich besteht zwischen der Verlaufsrichtung der PWC_{130} und ihrer Größe in der vorangegangenen Untersuchung ein Zusammenhang: So vollzieht sich bei den Versuchspersonen der Gruppen 1 mit zunächst überdurchschnittlichen Wattleistungen bei Puls 130 zur nächsten Untersuchung der stärkste Leistungsabfall

- z.B. bei den Männern (s. Tab. 11 bis 13)

1/2 : 142 Watt mit - 24 Watt;

2/3 : 152 Watt mit - 24 Watt;

1/3 : 139 Watt mit - 29 Watt -

während die Patienten der Gruppen 4 von einem zunächst niederen Stand ihre Leistung entsprechend steigern

- z.B. bei den Männern

1/2 : 118 Watt mit + 27 Watt;

2/3 : 121 Watt mit + 26 Watt;

1/3 : 115 Watt mit + 22 Watt.

Das vorliegende Zahlenmaterial für das Verhalten der Parameter des systolischen Blutdrucks und der Amplitude im Zusammenhang mit Änderungen der PWC_{130} bietet ein so vielschichtiges Bild, daß eine schematische Deutung praktisch unmöglich ist. Immerhin scheint bei den Männern eine gewisse Tendenz vorhanden, daß eine Erhöhung der Wattleistung aufgrund des Pulsfrequenzverhaltens mit einer geringeren Anstiegssteilheit des Blutdrucks kombiniert ist. Die Personen der Gruppe 4 zeigen zwar in der 1. Untersuchung noch einen sehr hohen Koeffizienten von 0,91 mmHg/Watt und zur 2. Untersuchung eine weitere Steigerung um 0,17 auf, von der 2. zur 3. und von der 1. zur 3. Untersuchung erreichen sie mit einer Abnahme um - 0,22 bzw. - 0,15 mmHg/Watt Endwerte, die sich erheblich unter dem Ge-

samtmittel von 0,92 mmHg/Watt (vgl. Tab. 9) befinden. Der Personenkreis aus Gruppe 1 weist demgegenüber ein gegensinniges Verhalten auf. Betrachten wir die Ergebnisse bei den Frauen, so gerät diese Aussage bereits ins Wanken. Hier ist gerade bei der Gruppe 4 die Zunahme des Regressionskoeffizienten mit + 0,33 mmHg/Watt bei allerdings niedrigem Ausgangswert von 0,45 mmHg/Watt am höchsten, ebenso liegt diese Gruppe in der 3. Untersuchung mit einem Wert von 1,04 weit über, die Gruppe 1. mit 0,72 mmHg/Watt weit unter dem Mittel.

VII. DISKUSSION

1. Vergleich der eigenen Ergebnisse über das Verhalten der Ruhewerte mit der Literatur

Dem Einfluß verschiedener Bädertherapieformen werden Veränderungen der Ruhewerte einzelner Kreislaufgrößen wie z.B. der Pulsfrequenz und des systolischen Blutdrucks in der Literatur zugeschrieben.

Für die Pulsfrequenz konnten HILDEBRANDT und STEINKE (1962) bei der Behandlung von Patienten mit vorwiegend funktionellen Herz- und Kreislaufstörungen mit CO₂-Bädern eine Erhöhung um 4,2 % im Kurverlauf feststellen, wogegen von REICHEL und PALME (1952) bei der Behandlung von Hochdruckkranken und Patienten mit peripheren Durchblutungsstörungen mit CO₂-Gasbädern ein deutlicher Pulsfrequenzabfall - allerdings innerhalb der ersten halben Stunde nach dem Bad - beschrieben wird. In unseren Untersuchungen über das Verhalten der Ruhemittelwerte konnten wir innerhalb des Kurzzeitraumes von durchschnittlich 3 Wochen zwar keine Änderung feststellen, doch läßt sich an Hand der Häufigkeitsverteilungen in Abbildung 1 und der Zahlenwerte für die Standardabweichungen in Tabelle 1 eine erhebliche Abnahme der individuellen Streuung belegen. Der weibliche Personenkreis reagierte in dieser Hinsicht wesentlich stärker als der männliche.

Die antihypertensive Wirkung der CO₂-Bädertherapie wird durch Untersuchungen von REICHEL und PALME (1952) - bei Messung im Anschluß an das jeweilige Bad sowie im Verlauf der 1. Kurwoche - sowie von HENTSCHEL (1961) bei Verlaufsbeobachtungen in der

1. Woche unterstrichen. Die Ergebnisse der Reihenuntersuchungen von BETZ, BREITINGER und ZIPP (1958) mit einem Abfall des RRS in der 1. Woche um etwa 20 mmHg und einem weiteren geringeren Abfall von der 1. zur 3. Woche sollten allerdings nicht ausschließlich auf die Bädertherapie zurückgeführt werden, da simultan - bzw. in der 1. Woche ausschließlich - Behandlungen mit kochsalzarmer Diät, Liegekuren, Bürstenmassage, Atemgymnastik und ansteigenden Hauffe'schen Armbädern durchgeführt wurden. In vergleichenden Untersuchungen konnte HENTSCHEL (1961) sowohl unter Anwendung einer CO₂-Sole-Thermalbädertherapie als auch unter Kneipp'scher Hydrotherapie eine signifikante Blutdrucksenkung um 40 mmHg feststellen. Von HITZENBERGER (1961) wurde unter Behandlung mit jodhaltigen Kurmitteln bei Hypertonikern ebenfalls eine therapiegebundene Wirkung auf den systolischen Blutdruck mit einem Gesamtabfall von 23 mmHg während 24 Tagen und einem Maximum des Abfalls am 10. Tage beschrieben.

Der quantitative Unterschied unserer Ergebnisse zu den oben genannten Befunden ist wohl in der Zusammensetzung unseres Patientengutes mit einem relativ geringen Anteil an Hypertonikern begründet. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint die vergleichsweise hohe Abnahme des systolischen Blutdruckmittelwertes um 13,7 mmHg bei den weiblichen Patienten mit einer zusätzlichen Linksverschiebung und Homogenisierung der Häufigkeitsverteilung umso beachtenswerter. Die Werte der männlichen Versuchspersonen mit einer Abnahme des Mittels von nur 2,4 mmHg im gesamten Kurverlauf mit der Ausbildung einer zweigipfeligen Verteilungskurve zum 3. Termin sind in ihrer Aussage dagegen nicht so klar.

Im Gesamtbild läßt sich aus unseren Untersuchungen durchaus herauslesen, daß es unter dem Einfluß der systematischen Wiederholung der Einzelreize auf Herz und Kreislauf über eine Normalisierung, d.h. durch eine Zunahme der Verteilungsdichte der Funktionsgrößen um die Norm und eine entsprechende Abnahme der interindividuellen Streuung zu einer vegetativen Umschaltung kommt. Ein derartiges Verhalten ist an anderer Stelle (HOLLMANN et al., 1959; HOLLMANN, 1963; MELLEROWICZ, 1956; REINDELL et al., 1955; REINDELL et al., 1960; ROSKAMM et al., 1966) als Zeichen einer Stabilisierung und in gewissem Umfang auch Ökonomisierung der Kreislaufgrößen in Ruhe beschrieben. Ob dieser "Kureffekt" in unseren Untersuchungen jedoch allein der Bädertherapie und nicht einer Gewöhnung an den Untersuchungsablauf oder einer allgemeinen vegetativen Entspannung durch das Kurmilieu zugeschrieben werden kann, ließe sich erst durch ausgedehntere Untersuchungen mit Vergleichsgruppen herausfinden. Einen gewissen Anhaltspunkt in dieser Richtung, nämlich ob aufgrund der Kreislaufveränderungen in Ruhe uneingeschränkt eine Ökonomisierung mit einer Verbesserung der Kreislaufregulation unter Belastungsbedingungen erwartet werden kann, erhielten wir aus der

2. Abhängigkeit des Folgewertes zum Ruhewert

Einerseits veranlaßte uns nach den korrelationsstatistischen Ergebnissen die Strammheit der Beziehungen zwischen Ruhewert und den Folgewerten in der Belastungsphase dazu, den nicht unbeachtlichen Einfluß des Ruhewertes bei der Berechnung der Regressionsparameter durch entsprechende Korrekturen weitgehend zu beseitigen. Andererseits sind die Verknüpfungen zwischen Ruhewert und Folgewert nicht eng genug, um aufgrund des Ruhewertes

eine hinreichend genaue Aussage über das Verhalten der Kreislaufgrößen unter Belastung zu machen. An dieser Stelle seien die Werte der Gruppe 1 in Tabelle 13 hervorgehoben, wo ausgerechnet die Patienten mit dem niedrigsten Ruhepulsmittel die geringste Wattleistung bei Puls 130 erbrachten.

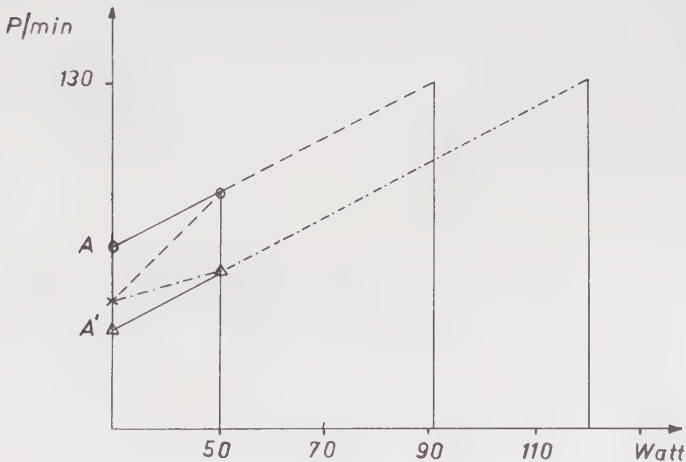
Unseren Ergebnissen nach erhält man aus dem Wert der 1. Belastungsminute, zu dem die Folgewerte eine durchwegs starke bis sehr starke Abhängigkeit aufwiesen, eine vergleichsweise viel zutreffendere Information (vgl. Tab. 4). Ob diese Tatsache, die aufgrund unseres Auswertungsverfahrens zunächst nur in statistischem Sinn für ein größeres Patientenkollektiv Gültigkeit besitzt, auch für den Einzelfall zutrifft, wäre überprüfenswert. Hieraus ergäbe sich ein interessanter Aspekt für die Durchführung ergometrischer Tests in der ärztlichen Praxis. Es wäre demnach denkbar, den Arbeitsversuch auf zum Beispiel zwei Belastungsstufen à 2 Minuten zu beschränken und dennoch eine weitgehend gefestigte Aussage über das Verhalten der Kreislaufgrößen und über die Leistungsfähigkeit des Patienten machen zu können. Allerdings hätte die hieraus gewonnene "rechnerische" Leistungsfähigkeit - durch Bestimmung des Leistungspulsindex aus 4 Meßwerten und der PWC_{130} - mehr theoretische Bedeutung. Die erst in höheren Belastungsstufen auftretenden, mehr oder weniger pathologischen Abweichungen und zum Abbruch der Untersuchung ratenden Kriterien (vgl. S. 18 und 43), denen zufolge wir bei etwa 10 % der Patienten die Belastung schon nach der 4. Minute und bei etwa 55 % nach der 6. Minute abbrechen, würden bei einer derartigen Form nicht erfaßt. Ihre Anwendung wäre demnach nur bei einem gesunden Personenkreis zu Routinekontrollen vertretbar.

3. Beurteilung und Beurteilbarkeit der Leistungsfähigkeit durch die Parameter LPI, PWC₁₃₀ und Achsenabschnitt

Wie Untersuchungen über die Zunahme der Leistungsfähigkeit durch körperliches Training an Sportlern, Gesunden und Patienten vielfach gezeigt haben, ist eine Verbesserung der Kreislaufregulation während Belastung neben Veränderungen zahlreicher anderer Funktionsgrößen durch eine Verminderung der Pulsfrequenz bei gleicher Belastung sowie durch eine erhebliche relative Pulsverlangsamung (HOLLMANN, 1970; MELLEROWICZ, 1956; REINDELL et al., 1960) charakterisiert. Eine tatsächliche Ökonomisierung wäre demnach über eine Verminderung des Ruhewertes hinaus an einer Verringerung des Leistungspulsindex und einer Erhöhung der Wattleistung bei einer bestimmten Pulsfrequenz zu erkennen. Das Verhalten des Blutdruckes während Belastung sollte nach HOLLMANN (1970) nicht zur Aussage über die Leistungsfähigkeit eines Patienten herangezogen werden, da sowohl Trainierte trotz eines niedrigeren Ausgangswertes auf gleichen Belastungsstufen nahezu gleiche Werte wie Untrainierte erreichen (HOLLMANN et. al., 1959). Es kann jedoch zur Beurteilung hyper-, normo- oder hypotoner Regulationen einen wesentlichen Beitrag leisten (HOLLMANN, 1970; KIRCHHOFF, 1965). Eingehende Betrachtungen der an Einzelpersonen und einem größeren Kollektiv durch unsere Berechnungen gewonnenen Parameter und deren graphische Darstellung führten uns zu dem Schluß, daß bei der von uns angewandten Methode die Beurteilung der Leistungsfähigkeit nicht von einer isolierten Betrachtung des Leistungspulsindex abhängig gemacht werden sollte.

Der Grund hierfür ist folgender:

Nach unseren korrelationsstatistischen Berechnungen war ein durchgehend linearer Anstieg der Pulsfrequenz vom Ruhewert über den gesamten Belastungsverlauf nicht gewährleistet, diese Linearität war erst von der 1. Belastungsminute ab zu erwarten. Das heißt aber, daß vom Ruhezustand zur 1. Belastungsminute eine von Patient zu Patient unterschiedliche Initialreaktion zu erwarten war. Die Größe dieser Umstellreaktion wird in unseren Berechnungen durch den Wert des Achsenabschnittes indirekt erfaßt. Aus seiner Größe und deren Differenz zum Ruhewert - der aufgrund der Korrektur bei uns mit 79 Pulsen/min konstant war - läßt sich eine Aussage über das Ausmaß der Umstellreaktion machen. Bei einem Achsenabschnitt $>$ Ruhepulsfrequenz (A) liegt dementsprechend - verglichen mit dem weiteren Anstieg - eine "überlineare" Pulsfrequenzzunahme, bei einem Achsen-



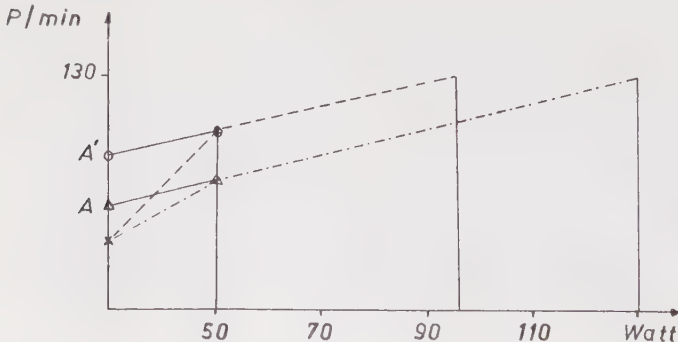
abschnitt < Ruhepulsfrequenz (A') eine verzögerte oder "sublineare" Pulsfrequenzzunahme während der Umstellreaktion vor.

An Hand verschiedener Denkmodelle sei nun verdeutlicht, daß die drei Parameter LPI, PWC_{130} und Achsenabschnitt einen Komplex bilden, der erst in seiner Gesamtheit betrachtet zu einer differenzierteren Aussage über das Verhalten der Pulsfrequenz unter Belastung und seine Veränderung im Kurverlauf befähigt.

Modell I

Zwei Patienten mit gleichem Leistungspulsindex weisen bei gleicher Ruhepulsfrequenz unterschiedliche Wattleistungen bei Puls 130 auf.

Dieser Widerspruch läßt sich durch Betrachtung des Achsenabschnittes klären. Der Patient mit der geringeren Leistung weist eine stärkere "Anlaufreaktion" auf, erkennbar an der größeren Differenz Achsenabschnitt - Ruhepuls. Die Kreislauffunktion muß in diesem Fall also umso günstiger bewertet werden, je geringer die Differenz Achsenabschnitt - Ruhepuls ist, wie das auch in dem absoluten Wert der Leistung bei Puls 130 kenntlich wird.

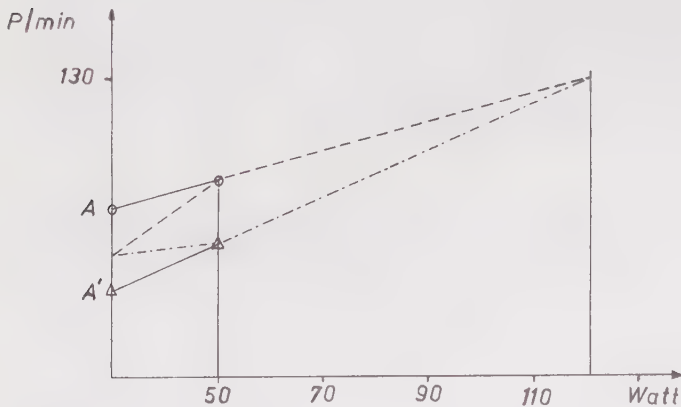


Modell I

Modell II

Zwei Patienten mit unterschiedlichem Leistungspulsindex weisen bei gleichem Ruhepuls dieselbe Leistung bei Puls 130 auf."

Bei einem, z.B. sehr kreislaulabilen oder untrainierten Patienten 1 (A) kommt es zu einer starken Anlaufreaktion. Aufgrund der ggf. sehr hohen Pulsfrequenz in der 1. Belastungsminute kommt es dann unter Belastung zu keiner adäquaten Steigerung dieser Frequenz mehr. Patient 2 (A') zeigt eine relativ geringe Umstellreaktion, anschließend eine stärkere Pulsfrequenzzunahme unter Belastung. Von der Leistung her werden beide Patienten sicherlich als gleich leistungsfähig erkannt. Die isolierte Betrachtung des LPI mit dem besseren Wert für Patient 1 gegenüber Patient 2 würde bei einer Gegenüberstellung mit der gleichen Leistung bei Puls 130 zu einem Widerspruch führen, der sich aber durch den wesentlich höheren Achsenabschnitt bei Patient 1 und der damit verbundenen starken Umstellreaktion erklären läßt.



Modell II

Diese Modelle verdeutlichen, daß die Wattleistung bei Puls 130 als absolute Größe eine weitgehend objektive Aussage über die Leistungsfähigkeit machen kann. Der nach unserer Methode gewonnene Leistungspulsindex kann dagegen, isoliert betrachtet, leicht zu Fehlurteilen über die Leistungsfähigkeit des einzelnen Patienten führen. Er gibt aber in einer kombinierten Betrachtungsweise zusammen mit dem Achsenabschnitt und dessen Differenz zum Ruhewert einen differenzierten Einblick in die Reaktionsweise des Kreislaufes unter Belastung.

Es bleibt die Frage, in wie weit eine derartige komplexe Betrachtungsweise in der Praxis bei Vorliegen unterschiedlicher Ruhepulsfrequenzen durchführbar ist und zu einer besseren intra- und interindividuellen Vergleichbarkeit führen kann. Bei unseren Berechnungen handelt es sich ja um Werte, wie sie sich ergeben würden, wenn gleiche Ruhewerte für alle Patienten vorlägen. Dieser Idealfall - dem ebenfalls wieder der Nachteil statistischer Korrektur anhaftet - dürfte jedoch in der Praxis nicht vorliegen. Dennoch ist es denkbar, daß nach eingehenden Untersuchungen für Einzeluntersuchungen ein neuer Index aus diesen drei Parametern bei einer allorts durchführbaren Standard-Methode entwickelt werden kann, der objektive Vergleichbarkeit noch über das augenblicklich erreichte Maß ermöglicht.

Unter Einbeziehung der o.a. Betrachtungsweise ergeben unsere Befunde über die einzelnen Parameter im Vergleich mit den Ruhewerten zunächst keinen Hinweis für eine etwaige Ökonomisierung der Kreislauffunktion während Belastung im Kurverlauf. Die als Stabilisierung angesprochene Abnahme der Streuung der Ruhepulswerte z.B. findet noch keinerlei adäquaten Niederschlag in den Werten der

Leistungsparameter, weder in deren Mittelwerten noch in ihren Variationsbreiten. Wie an anderer Stelle erwähnt werden wird (s.S. 76), schließt diese Tatsache einen trainierenden Effekt der Bäder jedoch keineswegs aus, sie besagt vielmehr, daß innerhalb eines Zeitraumes von 3 Wochen offensichtlich noch keine Auswirkung auf das Kreislaufverhalten zu erwarten ist.

4. Vergleich eigener Ergebnisse für die Regressionsparameter mit der Literatur

a) Leistungspulsindex und PWC₁₃₀

Die Gegenüberstellung unserer Ergebnisse mit den bisher in der Literatur angegebenen Nennwerten für die genannten Parameter ist unter mancher Hinsicht etwas erschwert. Zum einen müssen wir die in Kapitel III (Abs. 3 a, 3 b, 4) angeführten Abwandlungen der von E.A. MÜLLER (1950) und HOLL-MANN (1963) angewandten Standard-Methoden berücksichtigen. Wie unsere vorab besprochenen Ergebnisse aus den korrelationsstatistischen Berechnungen gezeigt haben, ist dieser Faktor aufgrund des linearen Anstiegs der Meßpunkte der Rohdaten im Leistungsbereich zu vernachlässigen (vgl. hierzu Tab. 4 sowie Abb. 4, 5, 6). Ein größerer Stellenwert muß vielmehr der Berechnung unserer Parameter aus den sogenannten korrigierten Daten (vgl. S. 33) eingeräumt werden. Sie führte zu einer geringfügigen Erhöhung unseres errechneten Leistungspulsindex gegenüber einer graphischen Ermittlung aus den Rohwerten von maximal etwa 0,05 P/Watt, durch die Verschiebung der Anstiegsgeraden kam eine Zunahme der Wattleistung um etwa maximal 5 - 10 Watt bei Puls 130 zustande. Zum Dritten muß bedacht werden, daß

die Nennwerte zum Teil von Personengruppen mit sehr hoher körperlicher Leistungsfähigkeit (HOLLMANN, 1963; KAMINSKY in: E.A. MÜLLER, 1964; SCHOLZ, 1963) oder anderer Alterszusammensetzung (BLOHMKE et al. 1966; BLOHMKE, 1969; NÖCKER und BÖHLAU, 1955; RUTENFRANZ et al., 1964) gewonnen wurden.

α) Leistungspulsindex

Für Büroangestellte fand MÜLLER (1950) einen LPI von 4 Pulsen/10 Watt, für Hausfrauen von 5 - 6 Pulsen/ 10 Watt. Demgegenüber bewegen sich die Werte von Personengruppen, deren Beruf eine gute körperliche Leistungsfähigkeit voraussetzt, nach SCHOLZ (1963) und KAMINSKY (in E.A. MÜLLER, 1964) bei etwa 3 Pulsen/ 10 Watt, BLOHMKE (1969) fand für Studenten bzw. Studentinnen nach der Methode von E.A. MÜLLER einen LPI von 3,6 bzw. 4,6 Pulsen/10 Watt.

Unseren Ergebnissen nach wäre die Leistungsfähigkeit unserer männlichen Kurpatienten etwa der von Büroangestellten gleichzusetzen, bei den Frauen entspräche sie dem unteren Leistungsbereich von Hausfrauen. Diese zunächst ermutigende Aussage muß von unserer Seite jedoch mit einiger Skepsis betrachtet werden. Grund hierfür liefert die bereits an anderer Stelle (s.S. 43) ausführlicher beschriebene Beobachtung nach objektiven Kriterien in den oberen Leistungsbereichen. In diesem Zusammenhang scheint uns eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit nur aufgrund des LPI, ohne Berücksichtigung besonders der EKG-Veränderungen und der altersmäßigen Ausbelastungsfrequenz, ein zu optimistisches Bild zu geben.

β) $\overline{PWC}_{130}$

In seinen Untersuchungen an Patienten des 4., 5. und 6. Lebensjahrzehnts fand HOLLMANN (1963) Wattleistungen

von 113, 103 bzw. 85 bei der Pulsfrequenz 130, von BLOHMKE (1969) werden für Polizisten des 5. Lebensjahrzehnts Leistungswerte von 109 ± 35 Watt angegeben. Die Leistungsfähigkeit der Frauen wird in diesem Alter generell mit etwa einem Drittel geringer veranschlagt.

In Gegenüberstellung hierzu überraschen uns die relativ hohen Werte unserer Patientengruppen, die nahezu die Ergebnisse von HOLLMANN (1963) von sporttreibenden Personen des 3. Lebensjahrzehnts erreichen!

Als Ursache kann zunächst die leichte Verschiebung der Regressionsgeraden der korrigierten Werte gegenüber der Regressionsgeraden der Rohdatenmittelwerte angesehen werden. Diese erfolgt - bedingt durch die abnehmende Größe des Regressionskoeffizienten C_{LO} der Werte der L-ten Belastungsstufe gegen den Ruhewert (s. Tab. 5) - nicht vollständig parallel in einen niedrigeren Bereich. Eine Diskrepanz der vorgefundenen Größenordnung läßt sich danach jedoch nicht erklären.

Der gewichtigere Grund liegt vielmehr in unserem Berechnungsmodus und der damit verbundenen graphischen Darstellung: Der Meßwert der ersten Belastungsminute wurde von uns gleichgesetzt 50 bzw. 30 Watt, der der zweiten Belastungsminute 60 bzw. 50 Watt. In der Methode von HOLLMANN wird der Meßwert der dritten oder frühestens zweiten Minute der jeweiligen Belastungsstufe der jeweiligen Wattleistung zugeordnet. Unter der aus unseren Werten noch nicht ersichtlichen Annahme, daß die Werte der jeweiligen zweiten Belastungsminute bereits steady-state oder relative steady-state-Werte darstellen, müssen wir - um zu einem vergleichbaren Ergebnis zu kommen, demnach unsere Werte bei Puls 130 um - 10 Watt korrigieren. Die verbleibende Divergenz läßt sich durchaus mit

der oben angesprochenen Korrektur erklären. Unsere Ergebnisse dürfen jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß es sich bei der vorliegenden Alterszusammensetzung um statistisches Zahlenmaterial zur besseren Verlaufsbeobachtung, aber keinesfalls um die Ausdauergränze handeln kann. Hierzu wäre eine differenzierte Unterteilung des Patientengutes in entsprechende Dekaden unter Berücksichtigung der in Kapitel III, 3. a angegebenen altersmäßigen Werte vonnöten gewesen. Hierdurch wäre es jedoch rückblickend gesehen zu einer Aufsplitterung unseres Patientengutes in zu kleine Untergruppen gekommen, wodurch die Aussagekraft über Veränderungen im Zuge der Kur wiederum in Frage gestellt worden wäre.

b) Geschlechtsspezifische Unterschiede der Leistungsfähigkeit

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Leistungsfähigkeit sind auch in unseren Ergebnissen gut erkennbar. Dabei war die PWC₁₃₀ unserer Patientinnen um etwa 33 % geringer als die der Männer. Die Ergebnisse entsprechen damit sehr genau den Angaben von HOLLMANN (1959). Demgegenüber fanden wir für den Leistungspulsindex einen für die Frauen nur um 22 % höheren Pulsfrequenzanstieg als für die Männer, während nach E.A. MÜLLER (1961) dieser Unterschied etwa 40 % beträgt. In diesem Zusammenhang sollten die in Kapitel VI 3. b α) gefundenen Differenzen hinsichtlich des Achsenabschnittes noch Erwähnung finden. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei mehr um ein durch die Korrekturfaktoren entstandenes Phänomen als um einen geschlechtsspezifischen Reaktionstyp im Sinne der oben beschriebenen Denkmodelle. Einen Hinweis in dieser Richtung geben uns die Ergebnisse von BLOHMKE (1969):
In einem modifizierten Verfahren wurden die Ruhepulswerte

nach 30 Minuten Ruhe in die LPI-Berechnungen mit-
einbezogen ohne jedoch die geschlechtsbedingten
Leistungsunterschiede entscheidend zugunsten der
weiblichen Patienten (weibl. Patienten 7,10,
männl. Patienten 4,64 P/10 Watt) zu beeinflussen.

5. Beziehungen zwischen Ruhepulsfrequenzverhalten und Regressionsparametern

Ein Vergleich der aus den Parametermittelwerten ge-
wonnenen Ergebnisse mit denen der Ruhepulsfrequenz-
werte ergibt auf die Frage, ob sich die verhältnis-
mäßig starke Normalisierung der Ruhepulsfrequenz-
werte der Frauen auch entsprechend in einer Erhöhung
der Leistungsfähigkeit niederschlägt, eine zunächst
völlig negative Antwort.

a) Ausgangswertbezug der Leistungsschwankungen

Auf die großen interindividuellen Unterschiede
in der Leistungsfähigkeit wurde durch die Varia-
tionsbreite und Streuung in den Patientenkollek-
tiven hingewiesen. Wie unsere weiteren Ergebnisse
der Verlaufsrichtung der Wattleistung bei Puls
130 zeigten, liegen jedoch auch ganz erhebliche
Leistungsschwankungen intraindividueller Art vor.

Die Darstellung der verschiedenen Formen der
Verlaufsrichtung weist dabei auf einen "Ausgangs-
wertbezug" (WILDER, 1931) hin. Das heißt, daß
z.B. die Gruppen 1 und 4 mit der im Mittel ausge-
prägtesten Änderung ihrer Leistungsfähigkeit von
Meßtermin zu Meßtermin in der jeweils vorange-
gangenen Untersuchung die stärkste Abweichung
vom Mittel des gesamten Patientenkollektivs hin-
sichtlich der Leistungsfähigkeit aufweisen. Die
Patientengruppen 2 und 3 zeigen entsprechend ihrer

geringeren Abweichung vom Leistungsmittel nur geringe Schwankungen in ihrer Leistung auf. Dabei scheinen sich die Gruppen 1 und 2 sowie 3 und 4 in ihrer Bewegungsform diametral einem bestimmten "Zielwertbereich" (HILDEBRANDT, 1959) zu nähern.

Welche Rolle hierbei der sogenannte "a/a-b -Effekt" spielt - das heißt, daß ein Patient durch eine mehr oder weniger zufällige Abweichung (auch methodisch bedingter Art) von seiner Normalleistung zum nächsten Termin eine entsprechend große Leistungsänderung aufweisen muß - kann in diesem Zusammenhang nicht differenziert werden und sollte deshalb mit in Rechnung gestellt werden.

Einen ähnlichen Ausgangswertbezug wie bei den Regressionsparametern können wir für das Verhalten der Ruhepulsfrequenz nicht mit Sicherheit nachweisen. Das heißt, eine Verbesserung der Leistung in Verbindung mit einer Stabilisierung im Sinne einer Abnahme der Ruhepulsfrequenz scheint nicht einzutreten. Vielmehr finden wir ein eher entgegengesetztes Verhalten vor: Bei Patientengruppen mit einer Leistungszunahme ist diese fast durchweg mit einer Zunahme der Pulsfrequenz gekoppelt. Umgekehrt fällt bei den Männern ganz eklatant auf, daß die Gruppen mit der rechnerisch größten Leistungsabnahme Ruhemittelwerte zeigen, die ganz erheblich unter dem Gesamtmittel liegen. Wenn auch berücksichtigt werden muß, daß aufgrund der zum Teil sehr kleinen Besetzungszahlen der Untergruppen die Aussagen nicht als genügend gesichert gelten dürfen, wollen wir hier wiederum Bezug auf unsere Denkmodelle (s.S. 66) nehmen, wonach eine Interpretation an Hand einzelner Parameter ohne ihr Zusammenspiel sowohl für den Einzelpatienten wie auch für ein Kollektiv sehr fraglich erscheinen muß.

b) Schwankungen im Leistungsverlauf und ihre Beziehung zu den Ergebnissen der Ruhepulsfrequenz

Während bei den Männern in dem relativ hohen Prozentsatz von 40 bis 50 % der Patienten über den gesamten Untersuchungszeitraum Leistungsschwankungen großer Amplitude zu verzeichnen sind, vollziehen sich bei den Frauen Leistungsschwankungen von mehr als $1/2$ -Sigma von der 1. zur 2. und der 1. zur 3. Untersuchung, während vom 2. zum 3. Meßtermin eine sichtbare Stabilisierung erkennbar ist. Aufgrund unseres Auswertungsmodus läßt sich hieraus zwar ableiten, daß bei den Frauen eine wesentlich gemäßigtere, um nicht zu sagen gedämpftere Reaktion abläuft als bei den Männern, der Verlauf im Einzelfall mit seinen zahlreichen Variationsmöglichkeiten - z.B. zunächst "überschwellige" ($> 1/2$ -Sigma) positive bzw. negative und anschließende gleichsinnige, indifferente oder gegensinnige Reaktion; positive oder negative Addition zweier unterschwelliger Reaktionen zu einem "überschwelligen" Endzustand - kann daraus nicht ersehen werden. Dennoch ist eine gewisse Übereinstimmung dieses Verhaltens mit dem der Ruhepuls-werte im Gruppenmittel (vgl. Tab. 1, 2) nicht zu übersehen. Demzufolge scheint sich besonders bei den Frauen mit einer Stabilisierung und engeren Verteilung der Ruhepuls-werte sowie einer Verminderung des Blutdruckmittels eine Stabilisierung der Leistungsfähigkeit in Form geringerer intraindividuelle Leistungsschwankungen abzuzeichnen.

Wenn wir uns auch darüber im Klaren sind, daß eine Untersuchungsfolge von 3 Meßterminen während der Kur nur eine sehr grobmaschige Darstellung der Veränderungen zuläßt, so liegen in den Verlaufsrichtungs-

beobachtungen doch Anzeichen für die Existenz der von zahlreichen Autoren (BAIER, 1971; DIRNAGL und DREXEL, 1968; HENTSCHEL, 1968; HILDEBRANDT, 1959, 1962, 1968, 1972; MEISSNER, 1967) beschriebenen reaktiv-periodischen Abläufe vor. Die Frage, ob den Männern und Frauen hinsichtlich Ruhepulsfrequenz und Leistungsänderung eine verschiedene vegetative Ausgangslage zugeschrieben und dementsprechend bei den Frauen auf eine gedämpfte periodische Schwingung gegenüber einer ungedämpften Verlaufsform bei den Männern geschlossen werden kann (HILDEBRANDT, 1963), muß von unserer Seite mit Zurückhaltung angeschnitten werden. Weiterhin sind die Kreislaufreaktionen der weiblichen Patienten durchaus vergleichbar mit solchen, wie sie unter therapeutischer Anwendung des Sports auftreten. Dementsprechend kommt es nach ROSKAMM et al. (1966) bei geringer Trainingsbelastung oder nicht ausreichendem Ausdauertraining zunächst zu einer vegetativen Gesamtumstimmung mit Senkung der Ruhepulsfrequenz ohne nachweisbare Leistungssteigerung. Ebenso kann die Senkung des Ruheblutdruckes und die Erhöhung der Blutdruckamplitude unter Belastung als ökonomische Leistung des Kreislaufes angesehen werden (HOLLMANN et al., 1959).

Zur Klärung wären allenfalls wesentlich dichtere Untersuchungsfolgen erforderlich. Hierdurch könnte auch ein im Augenblick nicht sicher auszuschließender "Gewöhnungseffekt" bei den Frauen an den Untersuchungsablauf oder der sogenannte Ersttagseffekt (DIRNAGL und DREXEL, 1968) und damit eventuell artefizieller "Normalisierungseffekt" aufgedeckt werden. Eine derartig engmaschige Untersuchungsreihe setzt aber eine sehr starke positive Einstellung der Patienten und nicht zuletzt der überweisen-

den Ärzte voraus, ein nach unseren Erfahrungen nicht zu übersehendes Problem¹.

6. Schlußbetrachtung

Anhand unserer Ergebnisse kann die kurärztliche Therapie als gute Grundlage für die Behandlung besonders funktioneller Herz- und Kreislauferkrankungen angesehen werden. Wie hoch hierbei der Stellenwert der Bädertherapie als wirksames Agens gegenüber anderen Faktoren wie klimatische Umstellung, Milieuwechsel und psychische Entkoppelung eingestuft werden kann, ist noch nicht beurteilbar. Aufgrund der kleinen Vergleichsgruppe läßt sich von unserer Seite noch nicht sagen, ob über die Bädertherapie als Basistherapie (OTT, 1960) hinaus durch die Anwendung aktivierender Maßnahmen (BOCK, 1970; HALHUBER in HALHUBER/MILZ, 1972; HOLLMANN, 1965; KIRCHHOFF, 1963; KIRCHHOFF und BECKMANN, 1965; OTT, 1962)

-
- 1: Da es sich in Bad Wiessee um "freie" Kurgäste handelt, ist hier eine serienmäßige Durchuntersuchung gegenüber denen in geschlossenen Kuranstalten wesentlich erschwert. Wir hatten dabei den Eindruck, daß die Bindung an feste Untersuchungstermine vielen Patienten sehr lästig war. Zudem schien es uns sehr fraglich, ob die von uns gegebenen Anweisungen für das Verhalten vor dem jeweiligen Termin (s. Methodik S. 15) von den Versuchspersonen eingehalten wurden. Das der Arbeit zugrunde liegende Patientengut (n = 67) ist dabei der "Restbestand" von insgesamt 115 untersuchten Personen. Die übrigen Patienten waren unregelmäßig oder nur einmal erschienen und konnten deshalb nicht berücksichtigt werden. Ebenso deutlich spricht die Zahl von nur 14 Patienten, die sich zu der kostenlosen Übungstherapie bereitfanden, wobei allerdings die abwechslungsreiche Umgebung Bad Wiessees mit ihren zahlreichen Möglichkeiten zu selbständiger Betätigung zu berücksichtigen ist. Eine nicht überprüfbare "unprogrammgemäße" sportliche Betätigung - Bergwandern, Schwimmen u.a. - erschwert zudem einen Vergleich der beiden Vergleichsgruppen mit bzw. ohne Gymnastik.

in einem Zeitraum von 3 Wochen bereits ein sichtbarer Erfolg bezüglich der Leistungsfähigkeit zu erwarten ist. Die ausgeprägten interindividuellen Leistungsunterschiede, ihre beachtlichen intraindividuellen Schwankungen sowie die offensichtliche subjektive Fehleinschätzung einer zu starken Belastung durch den Patienten sollte vor einer schematischen Anwendung derartiger Maßnahmen warnen. Dabei eignen sich Ruhewerte zwar als Gradmesser für die vegetative Verfassung des Patienten, jedoch vermögen sie keinen strikten Aufschluß über seine Leistungsfähigkeit zu geben. Erst laufende ergometrische Leistungstests während der Kur oder telemetrische Überwachung während der Belastung bieten eine Gewähr für eine individuelle Dosierung und damit optimale Wirkung derartiger Übungsbehandlungen und einen Schutz des Patienten vor Überanstrengung.

VIII. ZUSAMMENFASSUNG

1. An Patienten mit vorwiegend funktionellen, hyper- und hypotonen Kreislaufregulationsstörungen wurden vergleichende Untersuchungen während einer dreiwöchigen Kur mit Jod-Schwefel- und CO₂-Jod-Schwefelbädern vorgenommen.
2. Berücksichtigt wurden 67 Fälle, 14 Patienten nahmen zusätzlich zur Balneotherapie an einer regelmäßigen Übungstherapie teil.
3. In jeweils wöchentlichem Abstand wurde ein stufenförmig ansteigender Belastungstest auf dem Fahrradergometer angewandt, der aus bereits bestehenden Standardmethoden nach HOLLMANN und E. A. MÜLLER entwickelt wurde.
4. Der Beurteilung der Kreislauffunktion bzw. der körperlichen Leistungsfähigkeit zugrunde gelegt wurden die Werte Pulsfrequenz, Blutdruck und Blutdruckamplitude bzw. der hieraus errechneten Parameter Leistungspulsindex (LPI), Physical Working Capacity bei Puls 130 (PWC₁₃₀) und Achsenabschnitt.
5. Bei den männlichen Patienten waren nur minimale Änderungen der Ruhe- sowie der Parametermittelwerte im Kurverlauf zu verzeichnen, intraindividuelle Leistungsschwankungen bestanden während des Untersuchungszeitraumes bei dem Großteil der Patienten ohne erkennbare Stabilisierung.
6. Bei den weiblichen Personen deuten gleichbleibende Ruhepulswerte mit zunehmender Dichte um den Mittelwert, ein deutlicher Abfall des Blutdrucks im Kurverlauf um 14 mmHg und eine Dämpfung der Leistungsschwankungen zum Kurende eine Stabilisierung des Kreislaufverhaltens an.

7. Die rechnerisch ermittelten Werte für den Leistungspulsindex und die Physical Working Capacity bei Puls 130 stimmen trotz abgewandelter Methodik weitgehend mit den in der Literatur angegebenen Werten vergleichbarer Kollektive überein, geschlechtsbezogene Leistungsunterschiede wurden in gleichem Ausmaß festgestellt.
8. Die Beurteilung und Beurteilbarkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit durch getrennte Betrachtung der Parameter LPI und PWC₁₃₀ sowie eine mögliche Verbesserung der Beurteilbarkeit durch eine kombinierte - durch den Achsenabschnitt noch ergänzte - Betrachtungsweise wird diskutiert.
9. Die Möglichkeiten und Grenzen eines verkürzten ergometrischen Belastungstests werden aufgezeigt.
10. Auf die Gefahren einer schematischen, den objektiven Leistungsschwankungen nicht angepaßten Übungstherapie wird hingewiesen.

IX. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- Baier, H.: Die Beeinflussung von körperlicher Leistungsfähigkeit und Kreislauffunktion durch aktivierende Kurbehandlung bei Patienten mit funktionellen Herz- und Kreislaufstörungen
Z. Phys. Med. 2: 356 (1971)
- Betz, E., H. Breitingen und H. Zipp:
Vergleichende Untersuchungen verschiedener Therapiearten im Rahmen von Bäderturen bei 1000 Hypertonikern
Med. Klin. 53, 1820 (1958)
- Blohmke, M., H. Stumpf und O. Stelzer:
Standardisierung submaximaler Belastungsmethoden und Bestimmung ihrer Zuverlässigkeit
Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-Forsch., 32. Kongress 123 (1966)
- Blohmke, M., H. Stumpf, O. Stelzer und W.D. Aries:
Bestimmung der Zuverlässigkeit von zwei submaximalen Belastungsverfahren und ihre Beziehung zueinander
Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 23: 1 (1966)
- Blohmke, M., O. Stelzer und H. Stumpf:
Die Wirkung der "aktiven Übungsbehandlung" auf die Herz- und Kreislaufreaktion gesunder Männer in Ruhe und während Belastung
Z. Kreisl.-Forsch. 55: 329 (1966)
- Blohmke, M.: Methodisches zur Leistungsprüfung im Rahmen von Kurbehandlungen. Symposium II über Kurverlaufs- und Kurerfolgsbeurteilung (Hsgeb. W. Tichmann)
Sänitäts-Verlag, Bad Wörishofen 1968
- Blohmke, M.: Belastungstests des Kreislaufs in Epidemiologie und Präventivmedizin
Hüthig-Verlag, Heidelberg 1969
- Bock, H.E.: Wandlungen der Kurortbehandlung im Blockfeld der klinischen Medizin
Z. Phys. Med. 1: 61 (1970)

- Brüggemann, W. und G. Kropp:
Ergometrische Untersuchungen vor und nach
einer hydrotherapeutischen Anwendung,
Symposium II über Kurverlaufs- und Kurerfolgs-
beurteilung (Hsgb. W. Teichmann)
Sanitas-Verlag, Bad Wörishofen 1968
- Bürger, D.: Prüfung der Belastbarkeit von ischämisch Herz-
kranken. Ein Vergleich dreier Fahrradergometrie-
methoden
Ärztl. Praxis 85: 3865 (1971)
- Dirnagl, K. und S. Kamm:
Experimentelle Ergebnisse über Kreislaufwir-
kungen von Kohlensäuregasbädern
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 7 122 (1955)
- Dirnagl, K.: Funktionsumstellungen bei Bäder- und Klima-
kuren
Die Heilkunst 78: Heft 5 (1965)
- Dirnagl, K. und H. Drexel:
Ergebnisse einer Kurlängsschnittuntersuchung in
Bad Wörishofen und deren Vergleich mit anderen
Versuchsreihen
Symposium II über Kurverlaufs- und Kurerfolgs-
beurteilung (Hsgb. W. Teichmann)
Sanitas-Verlag, Bad Wörishofen 1968
- Dirnagl, K.: Wettereinflüsse auf Kurpatienten
Die Heilkunst 83: Heft 8 (1970)
- Döring, H. und R. Loddenkemper:
Statistische Untersuchungen über den Herzinfarkt
Z. Kreisl.-Forsch. 51: 401 (1962)
- Drews, A. und E. Fritze:
Training und körperliche Leistungsfähigkeit
älterer Menschen
Münch. med. Wschr. 108: 189 (1966)
- Drews, A.: Ergometrische Längsschnittuntersuchungen über
die Herz-Kreislaufanpassung
Symposium II über Kurverlaufs- und Kurerfolgs-
beurteilung (Hsgb. W. Teichmann)
Sanitas-Verlag, Bad Wörishofen 1968
- Drews, H., M.J. Halhuber, H. Hofmann und H. Milz:
Erfahrungen mit der Bewegungstherapie bei chro-
nisch Herzkranken
Internist 11: 290 (1970)

- Eckermann, P. und H.P. Millahn:
Der Einfluß der Drehzahl auf die Herzfrequenz
und die Sauerstoffaufnahme bei konstanter
Leistung am Fahrradergometer
Int. Z. angew. Physiol. 23: 340 (1967)
- Grosse-Lordemann, H. und E.A. Müller:
Der Einfluß der Leistung und der Arbeitsge-
schwindigkeit auf das Arbeitsmaximum und den
Wirkungsgrad beim Radfahren
Arbeitsphysiologie 9: 454 und 619 (1937)
- Häusler, H.Ph. und H. Siedek:
Untersuchungen über die Beeinflussung der
physikalischen Kreislaufgrößen durch die An-
wendung jodhaltiger Kurmittel
Cardiologia, Vol 22, Fasc. 1 (1953)
- Halhuber, M.J., K. Inama, W. Scholling und K. Siller:
Verlaufsbeobachtungen an Hochdruckkranken
durch 9 Monate vor, während und nach einer
Klima-Terrainkur in 2000 Meter Höhe
Symposium II über Kurverlaufs- und Kurerfolgs-
beurteilung (Hsgb. W. Teichmann)
Sanitas-Verlag, Bad Wörishofen 1968
- Halhuber, M.J. und H.P. Milz:
Höhenrieder Seminarbuch: Praktische Präventiv-
Kardiologie
Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin-Wien
1972
- Hentschel, H.-D.: Kohlensäurebäder bei essentieller
Hypertonie
Ärztl. Praxis 13: 1299 (1961)
- Hentschel, H.-D.: Vergleichende Untersuchungen zur kur-
ärztlichen Therapie von Blutdruckstörungen
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 13: 85 (1961)
- Hentschel, H.-D.: Vergleichende Untersuchungen zur Behand-
lung mit Kohlensäurebädern
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 14: 327 (1962)
- Hentschel, H.-D.: Verlaufsbeobachtungen bei Kuren mit CO₂-
Sole-Thermalbädern
Symposium II über Kurverlaufs- und Kurerfolgs-
beurteilung (Hsgb. W. Teichmann)
Sanitas-Verlag, Bad Wörishofen 1968

- Heyden, S.: Definition und Aufgabe der Präventivmedizin
Münch. med. Wschr. 107: 275 (1965)
- Hildebrandt, G.: Balneologie und vegetative Regulationen
Therapiewoche 9: 465 (1959)
- Hildebrandt, G. und K. Gehlken:
Aktuelle Probleme der Balneologie
Ärztl. Forsch. 15: I/76 (1961)
- Hildebrandt, G. und L. Steinke:
Zur Frage der Kreislaufumstellungen während
der CO₂-Bäderkur
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 14: 321 (1962)
- Hildebrandt, G.: Störungen der rhythmischen Koordination
und ihre balneotherapeutische Beeinflussung
Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde 10:
402 (1963)
- Hildebrandt, G.: Reaktive Perioden im Kurverlauf
Symposion II über Kurverlaufs- und Kurerfolgs-
beurteilung (Hsgb. W. Teichmann)
Sanitas-Verlag, Bad Wörishofen 1968
- Hildebrandt, G., F. Damm, P. Engel, F. Gonnermann,
R. Schneider und G. Schwarz:
Untersuchungen über das Verhalten von Arbeits-
und Schlafpulsfrequenz bei der Akklimatisation
von Wintersportlern in 1200 m Höhe
Deutsch-Österreichisch-Schweizerischer Kongreß
für Physikalische Medizin einschl. Balneologie
und Bioklimatologie, Lindau 7. - 9.10.1971
- Hildebrandt, G.: Therapeutische Zeitordnung und Kurerfolg
Z. angew. Klimaheilkunde 19: 219 (1972)
- Hille, H.: Untersuchungen über Kreislauf, Atmung und Stoff-
wechsel an Gesunden vor und nach Kohlensäure-,
Sole-, Schwefel- und Moorschwefelbädern
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 13: 177 (1961)
- Hitzenberger, G.: Vergleichende Untersuchungen über die
Wirkungen der Bad Haller Jodkur bei Hypertoni-
kern
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 13: 91 (1961)
- Hofmann, H.: Die ergometrische Funktionsdiagnostik an der
Klinik Höhenried, Schriftenreihe Arbeitsmedizin-
Sozialmedizin-Arbeitshygiene 37: 246
Center-Verlag, Stuttgart 1970

- Hofmann, H.: Die Früh- und Funktionsdiagnostik in der Präventiv-Kardiologie,
in Halhuber, J. und H.P. Milz:
Praktische Präventiv-Kardiologie
Urban und Schwarzenberg, München-Berlin-Wien
1972
- Holenstein, P.: Das Verhalten des Blutdruckes im höheren Alter
Cardiologia (Basel) 29: 41 (1956)
- Hollmann, W., H. Valentin und H. Venrath:
Vergleichende Arbeitsuntersuchungen männlicher und weiblicher Personen unter fortlaufender Registrierung von Ventilation, Stoffwechsel, Pulsfrequenz und Blutdruck
Münch. med. Wschr. 39: 1680 (1959)
- Hollmann, W., H. Valentin, H. Venrath und B. Spellenberg:
Über den Blutdruck beim Menschen während dosierter körperlicher Arbeit
Z. Kreisl.-Forsch. 48: 162 (1959)
- Hollmann, W.: Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers
J.A. Barth München 1963
- Hollmann, W.: Körperliches Training als Prävention von Herz- und Kreislauferkrankungen
Hippokrates-Verlag, Stuttgart 1965
- Hollmann, W.: Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Kurpatienten
Z. Phys. Med. 1: 74 (1970)
- Holmgren, A., B. Jonsson, M. Levander, H. Linderholm, T. Sjöstrand and G. Ström:
Ecg Changes in Vasoregulatory Asthenia and the Effect of Physical Training
Acta Medica Scand. Vol. 165, fasc. 4, 259 (1959)
- Kaltenbach, M. und H. Klepzig:
Das EKG während Belastung und seine Bedeutung für die Erkennung der Koronarinsuffizienz
Z. Kreisl.-Forsch. 52: 486 (1963)
- Kirchhoff, H.-W.: "Interne" Übungsbehandlung bei Krankheiten des Herzens und der Gefäße
Münch. med. Wschr. 105: 1806 (1963)

- Kirchhoff, H.-W.: Praktische Funktionsdiagnostik des Herzens und Kreislaufs
J.A. Barth, München 1965
- Kirchhoff, H.-W. und P. Beckmann:
Regulationsstörungen des Herzens und Kreislaufs
Leistungsdiagnostik und Leistungstherapie
J.A. Barth, München 1965
- Lehmann, G.: Das physische Leistungsvermögen des Menschen
in Baader, E.W.: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin
Band I, Berlin-München-Wien, Urban- und Schwarzenberg 1961
- Ludwig, H.: Blutdruck und Alter
Praxis 46: 74 (1957)
- Meissner, H.M.: Verlauf und Rhythmus einer vierwöchigen Kneipp-Kur in Bad Wörishofen
Allgem. Therapeutik 7: 214 (1967)
- Mellerowicz, H.: Vergleichende Untersuchungen über das Ökonomieprinzip in Arbeit und Leistung des trainierten Kreislaufs und seine Bedeutung für die präventive und rehabilitative Medizin
Arch. Kreisl.-Forsch. 24: 70 (1956)
- Mellerowicz, H., H. Reindell, W. Hollmann, H. Mies und H. Roskamm:
Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung, I. Mitteilung
Z. Kreisl.-Forsch. 50: 273 (1961)
- Mellerowicz, H.: Ergometrie
Urban und Schwarzenberg, München-Berlin 1962
- Müller, E.A.: Ein Leistungs-Puls-Index als Maß der Leistungsfähigkeit
Arbeitsphysiologie 14: 271 (1950)
- Müller, E.A.: Die ärztliche Beurteilung der körperlichen Dauer-Leistungsfähigkeit im Beruf
Dtsch. med. Wschr. 86: 2272 (1961)
- Müller, E.A.: Methoden zur Diagnose der physischen Leistungsfähigkeit
Arbeitsmedizin 2. Jg. Heft 4: 79 (1964)

- Nöcker, J. und V. Böhlau:
Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit vom Alter
und Geschlecht
Münch. med. Wschr. 97: 1517 (1955)
- Ott, V.R.: Balneotherapie bei Herz- und Kreislaufkrank-
heiten
Internist 3: 307 (1962)
- Ott, V.R.: Physikalische und balneologische Therapie der
Herzkrankheiten
Verh. dtsch. Ges. Kreisf.-Forsch. 26: 177 (1960)
- Pflanz, M.: Epidemiologie und Präventivmedizin
Dtsch. Ärzteblatt 68: 467 (1971)
- Reichel, H. und U. Palme:
Erfahrungen mit der CO₂-Gasbadbehandlung
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 4: 302 (1952)
- Reindell, H., E. Schildge, H. Klepzig und H.W. Kirchhoff:
Kreislaufregulation. Eine physiologische,
pathophysiologische und klinische Studie
Thieme, Stuttgart 1955
- Reindell, H., H. Klepzig, H. Steim, W. Musshoff, H. Roskamm
und E. Schildge:
Herz-Kreislaufkrankheiten und Sport
J.A. Barth, München 1960
- Rosenkranz, K.A. und A. Drews:
Über die modifizierte Ableitungsmethode zur
Registrierung von Brustwandelektrokardiogrammen
während dosierter körperlicher Belastung
Z. Kreisf.-Forsch. 53: 615 (1964)
- Roskamm, H., H. Reindell und K. König:
Körperliche Aktivität und Herz- und Kreislauf-
erkrankungen
J.A. Barth, München 1966
- Roskamm, H.: Funktionsprüfung von Herz und Kreislauf
Sandoz Kurzmonographien, Nürnberg 1971
- Rutenfranz, J., R. Hocke, Ch. Hocke und E. Hofmann-Keilhacker:
Über den Aussagewert einiger ergometrischer Ver-
fahren zur Prüfung der körperlichen Leistungs-
fähigkeit von Kindern und Jugendlichen, I. Mitt.:
Die Abhängigkeit der Meßwerte von Lebensalter,
Geschlecht und körperlicher Entwicklung
Int. Z. angew. Physiol. 20: 294 (1964)

- Rutenfranz, J. und R. Hocke:
Über den Aussagewert einiger ergometrischer
Verfahren zur Prüfung der körperlichen Lei-
stungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen,
II. Mitt.: Vergleichende Untersuchungen über
die Beurteilung der körperlichen Leistungs-
fähigkeit von Kindern und Jugendlichen mit
verschiedenen ergometrischen Methoden
Intern. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeits-
physiol. 20: 316 (1964)
- Rutenfranz, J.: Zur Frage der Vergleichbarkeit von ergo-
metrischen Methoden zur Prüfung der körper-
lichen Leistungsfähigkeit
Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene
2: 93 (1967)
- Schöpl-Sedlacek, R.M., K. Dirnagl, H. Drexel und M.J.
Halhuber:
Ergometrische Verlaufsbeobachtungen an Infarkt-
kranken und Patienten mit erhöhtem Blutdruck
während der Kur in einer Rehabilitationsklinik
Sonderdruck Z. Phys. Med. 1, Nr. 5 (1970)
- Scholz, H.: Die physische Arbeitsbelastung der Gießerei-
arbeiter
Forschungsbericht Nr. 1185 des Landes Nord-
rhein-Westfalen
Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen 1963
- Schulz, W. und W. Amelung:
Vergleichende Untersuchungen der wirksamen
Faktoren des CO₂-Bades
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 9: 317 (1957)
- Stein, E.: Herz- und Kreislaufkrankheiten
in Amelung, W. und A. Evers: Handbuch der Bäder-
und Klimaheilkunde
Schattauer-Verlag, Stuttgart 1962
- The Scandinavian Committee on ECG Classification:
The "Minnesota Code" for ECG Classification.
Adaption to CR Leads and Modification of the
Code for ECG Recorded During an after Exercise
Stockholm 1967
- Valentin, H.: Klinische Aspekte der Eignungsdiagnostik
Arbeitsmedizin 4: 83 (1964)
- Wahlung, H.: Determination of the physical working capacity
Acta Medica Scand. 132, Suppl. 215 (1948)

- Wiesner, J.: Neuere Untersuchungen über Kohlensäuregas-
bäder
Arch. Phys. Ther. (Lpz) 3: 172 (1951)
- Wilder, J.: Das "Ausgangswert-Gesetz" - Ein unbeachtetes
biologisches Gesetz; seine Bedeutung für
Forschung und Praxis
Klin.Wschr. 10: 1889 (1931)
- Witzleb, E.: Kohlensäurewässer in Amelung, W. und A. Evers:
Handbuch der Bäder- und Klimaheilkunde
Schattauer-Verlag, Stuttgart 1962

Herrn Prof. Dr. H. Drexel, Vorstand des Instituts für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München, danke ich für die Möglichkeit der Bearbeitung des Themas an seinem Institut.

Herrn Dipl.Phys. K. Dirnagl, Akademischer Direktor des Instituts für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München, danke ich für die freundliche Überlassung des Themas. Mein besonders herzlicher Dank gilt ihm für die organisatorische Vorbereitung der Untersuchungen, für seine ständigen Anregungen und die unermüdliche Beratung bei der Ausführung und Korrektur der Arbeit sowie ferner für die Erstellung und Durchführung der Programme bei der elektronischen Datenverarbeitung.

Herrn Dr. Ernst Raddatz möchte ich für seine eingehende Mitarbeit bei der Durchführung der Programme und die Erstellung der Enddaten danken.

Herrn Dr. G. Ludwig, Bad Wiessee, danke ich für die Organisation und fachliche Leitung der Untersuchungen.

Der Jod- und Schwefelbad Wiessee G.m.b.H. möchte ich an dieser Stelle ebenfalls für ihre großzügige Unterstützung bei den Untersuchungen und bei der Drucklegung der Arbeit danken, insbesondere ihrem Geschäftsführer Herrn W. Nijland.

Den niedergelassenen Kurärzten in Bad Wiessee danke ich für die Auswahl und Überweisung des Patientengutes.

LEBENS LAUF

Am 18. Januar 1947 wurde ich in München als Sohn des Dipl.-Ing. und Dipl.-Kfm. Gert Meyer-Busche und seiner Frau Margot, geb. Kastl, geboren.

Von 1953 bis 1957 besuchte ich die Grundschule an der Gebelestraße in München und legte nach neunjähriger Ausbildung am Oskar-von-Miller-Gymnasium 1966 die Reifeprüfung ab.

Von 1966 bis 1968 diente ich als Zeitsoldat bei der Bundeswehr, von 1967 bis 1968 im Sanitätsdienst.

1968 Immatrikulation an der Universität München, ein Semester Naturwissenschaften, das nach bestandener Leistungsprüfung auf das Medizinstudium angerechnet wurde. 1969 legte ich die Naturwissenschaftliche Vorprüfung, 1971 die Ärztliche Vorprüfung ab und beendete das Studium 1974 nach bestandenem Staatsexamen.

Als Medizinalassistent arbeitete ich je vier Monate in der Chirurgischen Privatklinik Bogenhausen Dr. Helmstätter - Dr. Stanischeff und in der I. Medizinischen Abteilung des Krankenhauses Harlaching.

Seit Juni des Jahres bin ich als Medizinalassistent in der Chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Schrobenhausen tätig.

